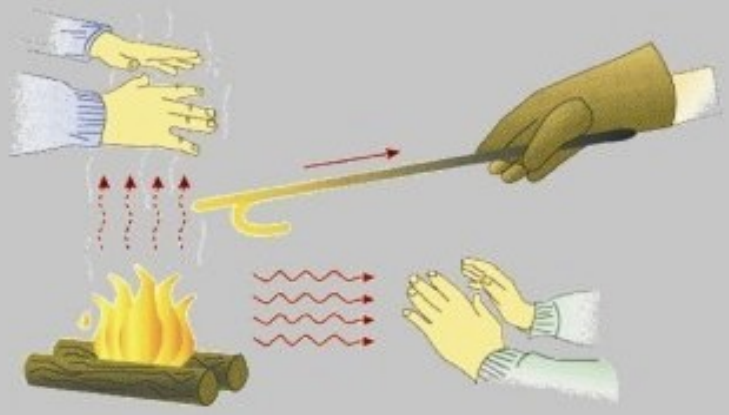
پوهنځی طب هـرات

حرارت و ترمودینامیک



پوهنوال غلام قادر دهگان

Ketabton.com

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



(بخاطر برادر گرامی ام شهیدصوفی غلام حیدر که آموختنم آموخت و اندیشیدن)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

حرارت و ترمودینامیک

پوهنوال غلام قادر دهگان

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

اسم کتاب حرارت و ترمودینامیک
مؤلف پوهنوال غلام قادر دهگان
ناشر پوهنځی طب هرات
ویب سایت www.hu.edu.af
تاریخ نشر ۱۳۹۱
چاپ مطبعه افغانستان تایمز، کابل
داونلود www.ecampus-afghanistan.org
تیراژ ۱۰۰۰

کتاب هذا توسط موسسه همکاری های اکادمیک آلمان (DAAD) از بودیجه وزارت خارجه فدرالی آلمان تمویل شده است.
امور اداری و تخنیکی کتاب توسط موسسه افغانیک انجام یافته است.
مسؤلیت محتوا و نوشتن کتاب مربوط نویسنده و پوهنځی مربوطه میباشد. ارگان های کمک کننده و تطبیق کننده مسؤل نمی باشند.

اگر میخواهید که کتابهای تدریسی شما چاپ گردد، با ما به تماس شوید:
داکتر یحیی وردک، وزارت تحصیلات عالی، کابل
تیلفون دفتر ۰۷۵۶۰۱۴۶۴۰
ایمیل wardak@afghanic.org
آی اس بی ان 978849280827- 4

تمام حقوق نشر و چاپ همرای نویسنده محفوظ است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

پیام
وزارت تحصیلات عالی

در جریان تاریخ بشریت کتاب برای کسب علم و دانش نقش عمده را بازی کرده و جز اساسی پروسه درسی بوده که در ارتقای کیفیت تحصیلات دارای ارزش خاص میباشد.از اینرو باید با در نظر داشت ستندردها و معیارهای شناخته شده جهانی و ضروریات جوامع کتب و مواد درسی جدید برای محصلین آماده و چا پ گردد.

از اساتید محترم موسسات تحصیلات عالی کشور قلبا اظهار سپاس و قدردانی مینمایم که با تقبل زحمات در جریان سالهای متمادی با تالیف و ترجمه کتب ممد درسی دین ملی خود را ادا نموده اند و از سایر اساتید و دانشمندان گرانقدر نیز صمیمانه تقاضا مینمایم که دررشته های مربوطه خود کتب و سایر مواد درسی را تهیه نمایند تا بعد از چاپ در دسترس محصلین گرامی قرار داده شوند.

وزارت تحصیلات عالی وظیفه خود میداند تا جهت ارتقای سطح دانش محصلین عزیز کتب و مواد درسی جدید و معیاری را آماده نماید.

در اخیر از وزارت خارجه کشور آلمان ، موسسه DAAD، سایر ادارات و اشخاصیکه زمینه چاپ کتب طبی اساتید محترم پوهنځی های طب کشور را مهیا ساخته اند صمیمانه تشکر مینمایم و امیدوارم که این کار سودمند ادامه یافته و به سایر بخش ها نیز گسترش یابد.

بااحترام
پوهاند دوکتور عبیدالله عبید
وزیر تحصیلات عالی
کابل ۱۳۹۱

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

چاپ کتب درسی پوهنځی های طب

استادان گرامی و محصلین عزیز!

کمبود ونبود کتب درسی در پوهنتون های افغانستان از مشکلات عمده به شمار میرود. محصلین و استادان با مشکلات زیاد روبرو میباشند، آنها اکثرا به معلومات جدید دسترسی نداشته و از کتاب ها و چپتر های استفاده مینمایند که کهنه بوده و در بازار به کیفیت پایین فوتوکاپی میگردد.

برای رفع این مشکلات در دو سال گذشته ما چاپ کتب درسی پوهنځی های طب پوهنتون ها ی کشور را آغاز نمودیم وتا اکنون ۶۰ عنوان کتب درسی را چاپ نموده و به تمام پوهنځی های طب افغانستان ارسال نموده ایم.

این در حالی است که پلان ستراتیژیک وزارت تحصیلات عالی (۲۰۱۰ – ۲۰۱۴) کشور بیان می دارد:

« برای ارتقای سطح تدریس، آموزش و آماده سازی معلومات جدید، دقیق وعلمی برای محصلان، باید برای نوشتن و نشر کتب علمی به زبان های دری و پشتو زمینه مساعد گردد. برای ریفورم در نصاب تعلیمی ترجمه از کتب و مجلات انگلیسی به دری و پشتو حتمی و لازمی میباشد. بدون امکانات فوق ناممکن است تا محصلان و استادان در تمامی بخش ها به پیشرفت های مدرن و معلومات جدید زود تر دسترسی بیابند.»

استادان و محصلین پوهنځی های طب با مشکلات زیاد مواجه اند. تدریس به میتود کهنه ،عدم دسترسی به معلومات و مواد جدید درسی و استفاده از کتب و چپتر های که به کیفیت بسیار پایین در بازار دریافت میگردد از جمله مشکلات عمده در این راستا میباشد.

باید آن عده از کتاب هاییکه توسط استادان تحریر گردیده اند جمع آوری و چاپ گردند. با درنظرداشت حالت بحرانی کشور جنگ زده ما به دوکتوران ماهر و ورزیده نیاز داریم تا بتوانند در بهبود و ارتقای تحصیلات طبی و صحت عامه در کشور سهم فعال بگیرند. از اینرو باید توجه زیادتر برای پوهنځی های طب جلب گردد.

تا به حال ما به تعداد ۶۰ عنوان کتب مختلف طبی برای پوهنځی های طب ننگرهار، خوست ، هرات ، کندهار ، بلخ هرات و کابل را چاپ نموده ایم و پروسه چاپ ۵۰ عنوان دیگر جریان دارد که یک نمونه آن همین کتابی است که فعلا در دسترس شما قرار دارد. قابل یاد آوری است که تمام کتب چاپ شده مذکور بصورت مجانی برای پوهنځی های طب کشور توزیع گردیده اند.

به اثر درخواست وزارت محترم تحصیلات عالی، پوهنتون ها، استادن محترم ومحصلین عزیز در آینده می خواهیم این پروگرام را به بخش های غیر طبی (ساینس ، انجنیری ،

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

زراعت و سایر بخش ها) و پوهنځی های دیگر هم توسعه دهیم و کتب مورد نیاز پوهنتون ها و پوهنځی های مختلف را چاپ نماییم.

گرام ما بوده، بخش های کاری از آنجاییکه چاپ نمودن کتب درسی یک پروژه پرو دیگر ما بطور خلاصه قرار ذیل اند :

1. چاپ کتب درسی طبی

کتابی که در اختیار شما است، نمونه از فعالیت های ما میباشد. ما میخواهیم که این روند را ادامه دهیم تا بتوانیم در زمینه تهیه کتب درسی با پوهنتون های کشور همکاری نماییم و دوران چپتر و لکچرنوت را خاتمه دهیم و نیاز است تا برای موسسات تحصیلات عالی کشورسالانه به تعداد ۱۰۰ عنوان کتاب درسی چاپ گردد.

۲. تدریس با میتود جدید و وسایل پیشرفته

در جریان سال ۲۰۱۰ توانستیم در تمام صنوف درسی پوهنځی های طب بلخ، هرات، ننگرهار، خوست و کندهار پروجیکتورها را نصب نماییم. برای ایجاد محیط مناسب درسی باید تلاش گردد که اطاق های درسی و کنفرانس و لابراتوارها مجهز به مولتی میدیا، پروجکتور و سایر وسایل سمعی و بصری گردند.

۳. ارزیابی ضروریات

وضعیت فعلی (مشکلات موجوده و چالش های آینده) پوهنځی های طب باید بررسی گردد و به اساس آن به شکل منظم پروژه های اداری، اکادمیک و انکشافی به راه انداخته شود.

۴. کتابخانه های مسلکی

باید در تمام مضامین مهم و مسلکی کتب به معیارهای بین المللی به زبان انگلیسی خریداری و به دسترس کتابخانه های پوهنځی های طب قرار داده شود.

۵. لابراتوارها

در پوهنځی های طب کشور باید در بخش های مختلف لابراتوارهای فعال وجود داشته باشد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

۶. شفاخانه های کدری
هر پوهنځی طب کشور باید دارای شفاخانه کدری باشد و یا در یک شفاخانه شرایط برای ترینینگ عملی محصلین طب آماده گردد.

۷. پلان ستراتیژیک
بسیار مفید خواهد بود که هر پوهنځی طب در چوکات پلان ستراتیژیک پوهنتون مربوطه خود دارای یک پلان ستراتیژیک پوهنځی باشد.

از تمام استادان محترم خواهشمندیم که در بخش های مسلکی خویش کتب جدید تحریر، ترجمه و یا هم لکچرنوت ها و چپتر های خود را ایدیت و آماده چاپ نمایند. بعدا در اختیار ما قرار دهند، تا به کیفیت عالی چاپ و به شکل مجانی به دسترس پوهنځی های مربوطه، استادان و محصلین قرار داده شود.
همچنان در مورد نکات ذکر شده پیشنهادات و نظریات خود را به آدرس ما شریک ساخته تا بتوانیم مشترکاً در این راستا قدم های مؤثرتر را برداریم.
ازمحصلین عزیز نیز خواهشمندیم که در امور ذکر شده با ما و استادان محترم همکاری نمایند.

از وزارت محترم خارجه آلمان ومؤسسه DAAD (همکاری های اکادمیک آلمان) اظهار سپاس و امتنان مینماییم که تااکنون چاپ 90 عنوان کتب طبی درسی را به عهده گرفته که از آن جمله پروسه چاپ 50 عنوان آن جریان دارد. از پوهنځی طب پوهنتون ماینز آلمان (Mainz/Germany) و استاد پوهنځی مذکور دوکتور زلمی توریال ، Dieter Hampel و موسسه افغانیک نیز تشکر میکنیم که در امور اداری و تخنیکی چاپ کتب با ما همکاری نمودند.

بطور خاص از دفاتر جی آی زیت (GIZ) و CIM (Center for International Migration and Development) یا مرکز برای پناهنده گی بین المللی و انکشاف که برای من امکانات کاری در طی دو سال گذشته در افغانستان را مهیا ساخته است نیز اظهار سپاس و امتنان مینمایم.

از دانشمند محترم پوهاند دوکتور عبیدالله عبید وزیر تحصیلات عالی ،محترم پوهنوال محمد عثمان بابری معین علمی وزارت، محترم پوهندوی دوکتور گل حسن ولیزی معین

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

اداری و مالی، روسای محترم پوهنتون ها، پوهنځی های طب و استادان گرامی تشکر مینماییم که پروسه چاپ کتب درسی را تشویق وحمایت نمودند.

همچنان از همکاران محترم دفترهرکدام دوکتور محمد یوسف مبارک، عبدالمنیر رحمانزی، احمد فهیم حبیبی ، سبحان الله و همت الله نیز تشکر مینمایم که در قسمت چاپ نمودن کتب همکاری نمودند.

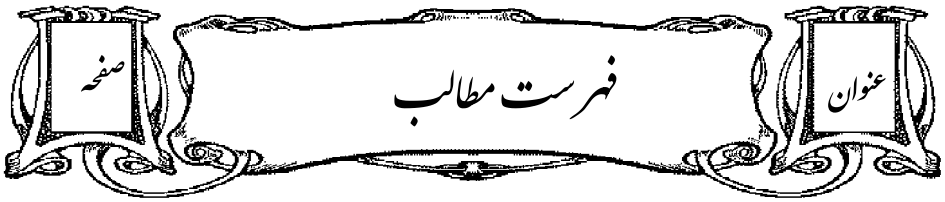
داکتر یحیی وردک، وزارت تحصیلات عالی
کابل، نومبر سال ۲۰۱۲ م

نمبر تیلیفون دفتر: ۰۷۵۶۰۱۴۶۴۰

ایمیل آدرس: wardak@afghanic.org
textbooks@afghanic.org

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



فصل اول

1-1. ماهیت و منابع حرارت 1
ماهیت حرارت 2
الف: نظریات راجع به حرارت 3
1-2. درجات حرارت 4
1-3. میزان الحراره 6
الف: فارنهایت 7
ب: ترمامتر سانتی گراد 7
ج: ترمامتر طبی 7
1-4. رابطه در جه سانتی گراد و فارنهایت 8
1-5. درجه حرارت مطلقه یا کالوین 10
1-6. رابطه بین درجه $\overset{o}{F}, \overset{o}{C}$ و $\overset{o}{K}$ 10
1-7. کوپل ترموالکتریک 12
1-8. ترموپیل 13
سوالات فصل اول 16

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

فصل دوم

2-1. مقدار و انتقال حرارت 17
اندازه گیری مقدار حرارت 17
2-2. واحد مقدار حرارت 20
2-3. کالوری متری 20
حالت خصوصی 21
کالوری متر 23
فورمول کالوری متر 23
2-4. اندازه گیری حرارت مخصوصه اجسام 25
تعیین حرارت مخصوصه جامدات بطریقه مخلوط 25
تعیین حرارت مخصوصه مایعات 26
ارزش حرارتی غذا 27
انتقال حرارت 27
قوانین جذب و تشعشع 33
جسم سیاه و تشعشع 34
قانون تسمن و بولتزمن 36
فورمول نیوتن درباره سردشدن 39
سوالات فصل دوم 41

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

فصل سوم

3-1. انبساط اجسام 42
انبساط سطحی 44
انبساط حجمی 45
تأثیرات حرارت بالای کثافت 46
انبساط مایعات 47
ضریب انبساط حقیقی مایعات 48
آب و انبساط غیرطبیعی آن 49
سوالات فصل سوم 51

فصل چهارم

4-1. قوانین گازات 52
الف: تحقیق تجربی قانون بایل 52
نمایش گراف ها 55
قانون مخلوط گازات یا قانون دالتن 56
انبساط گازها 58
انبساط گازات در فشار C_P ثابت 59
ازدیاد فشار گاز در اثر حرارت با حجم ثابت 61
سوالات فصل چهارم 64

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

فصل پنجم

5-1. گازهای کامل یا خیالی 65
معادله مشخصه گازات کامل 66
5-2. نظریه حرکی گازات 70
نتایج نظریات حرکی گازات 73
سرعت مالیکول های و قانون چارلس 75
5-3. گازات حقیقی 76
معادله واندروالس 77
5-4. حرارت مخصوصه گازها 78
حرارت مخصوصه در فشار ثابت C_P 80
سوالات فصل پنجم 83

فصل ششم

6-1. ذوبان و انجماد 85
قوانین ذوب 85
حرارت ذوب 87
6-2. انجماد 88
قوانین انجماد 89
6-3. تبخیر 91
تبخیر در خلأ 92

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

6-4. غلیان یا جوش 93
قوانین غلیان 94
6-5. حرارت تبخیر و اندازه گیری آن 95
6-6. میعان گازات 97
طریق میعان 98
سوالات فصل ششم 99

فصل هفتم

7-1. تعریف ترمودینامیک 100
تعادل ترمودینامیک 102
تحول رجعی 104
کار در سیستم های ترمودینامیکی 106
7-2. معادله میخانیکی حرارت 109
قانون اول ترمودینامیک 111
انرژی داخلی 112
انرژی داخلی گاز کامل 114
مقدار انتپلی در عملیه ایزوترمل 116
7-3. قانون دوم ترمودینامیک 117
سوالات فصل هفتم 120
جداول مختلف 121

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

فصل اول

حرارت Heat

1-1. ماهیت و منابع حرارت:

ماهیت حرارت:

قبلاً به ملاحظه رسید که حرارت یکی از انواع انرژی است که این انرژی درگازها مایعات و یا اجسام جامد نهفته است.

از جانب دیگر ما میدانیم که جمیع مواد از ذرات کوچک اتم ها و یا مالیکول ها (در ترکیبات کیمیاوی) تشکیل شده اند. این ذرات کوچک ماده در حالت سکون قرار ندارند بلکه متمادیاً حرکت های غیرمنظمی را انجام میدهند. این حقیقت میرساند که ذره دارای انرژی میخانیکی است. در صورت مایعات و گازها ذرات فوق الذکر مخصوصاً دارای انرژی حرکی اند. در حالیکه در اجسام جامد انرژی ذرات تنها انرژی اهتزازی آنها است. به آسانی گفته میتوانیم که مجموع انرژی میخانیکی جمیع اتم های یک جسم انرژی ای را ارائه میدارد که انرژی کلی مساویست به انرژی حرارتی که در جسم وجود دارد. بنابرآن انرژی حرارتی جز مجموع انرژی حرکی اتم ها و مالیکول های چیز دیگری نیست. نظریهٔ حرکی حرارت مفکورهٔ عمیق و جامع ای را راجع به ماهیت حرارت بیان میدارد. نتایج حاصله از این نظریه آنقدر عظیم است که در صحت آن جای شک و تردیدی باقی نمی ماند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

الف: نظریات راجع به حرارت:

مطالعه و بررسی پدیده های مربوط به حرارت از زمان های بسیار دور و تقریباً همزمان با پیدایش انسان آغاز شده است. نیاز به حرارت مناسب برای زنده گی و ملموس بودن پدیده های مختلفه سبب شده است که انسان در این زمینه تجربه های بسیاری بدست آورد.

چنانچه دموکریتوس[1] Democritus«یونانی» جسم جامد را مرکب از ذراتی در حال نوسان میدانست و بعد از چندی نظریه حرکی به اساس تجربه بمیان آمد که بیکن[2] Becon طرفدار این نظریه شده و موصوف حرارت را عبارت از حرکت شدید اجزای داخل جسم دانست. و بعداً نظریه کالوریک caloric بمیان امد و عقیده برین شد که حرارت یک سیال بدون وزن و غیرمرئی بوده و از سوختاندن چوب بوجود میآید و هم عقیده داشتند که هرگاه جسم سرد شود یکمقدار کالوریک را از دست میدهد.

به کمک همین نظریه اولین بار ژوزف بلک joseph Black حرارت ذوب و حرارت تبخیر را اندازه گیری کرد. و هم اندازه گیری حرارت مخفی atent heat اولین کارهای دقیق حرارتی بوده است.با پیدایش نظریه کالوریک فرضیه های قدیمی از بین رفت ولی در اوایل قرن 19 تجاربی انجام گردید که تشریح نتایج آنها بویسله کالوریک امکان نداشته پس از آن Rumford[3] بجوش آمدن آب را

[1] - دموکریتوس فیلسوف یونانی است.

[2] - بیکن فیلسوف انگلیسی است.

[3] - اولین متخصص نظامی و ساینس دان بود.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بدون وجود آتش مشاهده کرد و درین تجربه استوانه فلزی بزرگی را توسط برمه سوراخ میکردند و برای آنکه برمه را سرد نگهدارند یک مقدار آب را در بین استوانه انداخته بودند. بنابر حرکت برمه حرارت زیادیکه در اثر اصطکاک تولید میشد آب بجوش آمد یعنی یک مقدار حرارت زیاد را میتوان توسط اصطکاک حاصل کرد ازینجا Runford نشان داد که مقدارحرارت تولید شده در برمه برای سوراخ کردن استوانه متناسب بکار انجام داده شده است. چنانچه باید دستگاه سنگین تر که در آن مقدار کار زیادتر انجام داده شده حرارت بیشتر تولید میگردد. بدین جهت رمفورد برای کار یک نوع تعادل حرارتی پیشنهاد کرد تقریباً 40 سال بعد (joule) بعد از یک سلسله تجارب دقیق نشان داد همیشه یک مقدار انرژی میخانیکی سبب تولید یک مقدار حرارت میشود بدین طریق تجارب joule, Rumford نشان داد که انرژی میخانیکی و حرارت با هم معادل بوده حرارت نیز یک شکل از انرژی است.

فعلاً نظریه قبول شده عبارت از نظریه حرکی مالیکولها است درین مورد دانشمندان عقیده دارند که همه اجسام از ذرات خیلی کوچک که بنام مالیکول یاد میشوند تشکیل شده اند.

این ذرات یکدیگر را جذب میکنند. قوی ترین قدرت جذب در ذرات جامد و ضعیف ترین در گازات است. مالیکول های اجسام همیشه در حرکت اند در جامدات مالیکول ها از یکدیگر زیاد فاصله ندارد اما در مایعات سریع تر و آزادتر

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

حرکت میکنند و در گازات از مایعات هم بیشتر حرکت بین مالیکول ها موجود است.

اکنون می بینیم مسئله مالیکول ها چه ربطی به موضوع تأثیر حرارت دارد. وقتی جسمی را حرارت میدهند و یا به آن ضربه وارد میکنند. حرکت مالیکول های ترکیب کننده جسم سریع تر میشوند و نوعی از آن حرکت را بنام هیجان حرارتی اختیار میکنند در اثر این نوع حرکت مالیکول ها با یکدیگر تصادم کرده و این تصادمات باعث گرم شدن مالیکول های مجاور میگردد. مالیکول های جسم گرم از جسم سرد سریعتر حرکت میکنند مالیکول های جسم که سریعتر حرکت کنند فاصله آنها از یکدیگر زیاد میگردد این انتشار پراکنده گی سبب انبساط جسم میگردد. یعنی جسم در فضاء جای بیشتر میگیرد. اگر جسم جامدی را زیاد حرارت بدهند مالیکول ها چنان سریع حرکت میکنند. و آنقدر از یکدیگر دور میشوند که عاقبت به مایع یا گاز مبدل میگردند.

وقتیکه حرارت اجسام کم میگردد خلاف آنچه که ذکر شده بوقوع می پیوندد.

تعریف حرارت:

حرارت عبارت از یک حادثه فزیکی بوده که در اثر انجام یک کار میخانیکی و یا عملیه کیمیاوی تولید شده نوعی از انرژی است.

و یا به عباره دیگر حرارت عبارت از انرژی حرکی مالیکول ها میباشد ومنابع حرارت دو نوع است.

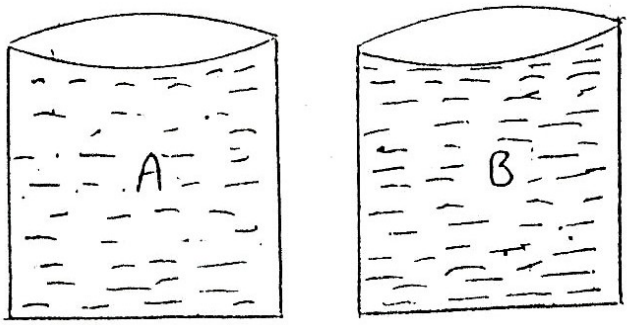
www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$a-$ منابع طبیعی $b-$ منابع غیرطبیعی:

1-2. درجه حرارت یا (Temperature):

اگر دو ظرف A و B مملو از آب باشد طوریکه آب ظرف A نسبت بـه آب ظرف B گرم تر باشد درینصورت گفته میشود که مالیکول های ظرف A نسبت بـه ظرف B دارای انرژی حرکی بیشتر است و یـا ظـرف A نسـبت بـه ظـرف B دارای درجه حرارت بیشتر است. شکل (1) هم چنان اگر هـر دو ظـرف بیـک انـدازه گـرم باشد درین صورت مالیکول های هر دوظرف عین انـرژی حرکـی را داشـته و گفتـه میشود که درجه حرارت آن دو ظـرف یکسـان اسـت یعنـی هـر دو ظـرف در حـال تعادل حرارتی میباشد.



شکل (1-1)

1- درجه حرارت عبارت از اندازه گرمی و سردی اجسام است.

2- درجه‌حرارت‌عبارت ازعاملی‌است که‌تعادل‌حرارتی‌یک‌دستگاه رابادستگاه های‌دیگرمشخص میسازد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

3- درجه حرارت عبارت از اندازه نمودن تبادل انرژی حرکی مالیکولهای اجسام است.

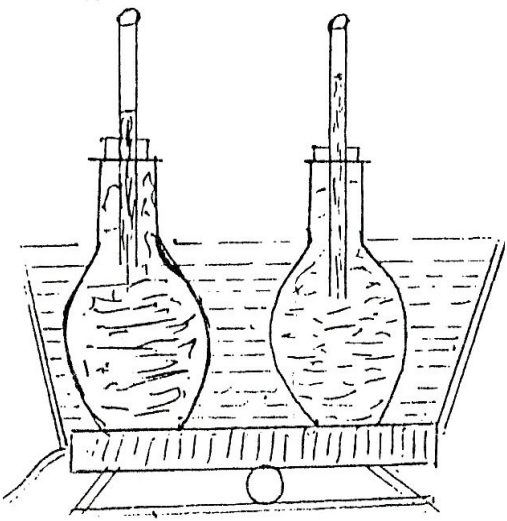
2- تشخیص نسبی درجه حرارت توسط حس لامسه

گرمی و سردی و یا درجه حرارت اجسام را توسط حس لامسه بصورت دقیق تشخیص نتوانسته دچار اشتباه میشویم چنانچه وقتی از اتاق گرم داخل اتاق معتدل میشویم اتاق را سرد می یابیم و اگر از اطاق سرد داخل اطاق معتدل شویم در آن اطاق احساس گرمی میکنیم. از طرف دیگر تغییرات درجه حرارت محیط خارج معمولاًدر سطح جلد و پوست محسوس میگردد این احساس کاملاًنسبی است عوامل قبلی و بعدی و نیز درجه رطوبت هوا هم چنین با هدایت حرارتی اجسام ارتباط دارد اندازه حساسیت نقاط مختلف بدن برای احساس تغییرات درجه حرارت متفاوت است مثلا: نوک زبان بیشتر از همه بحرارت و برودت حساس است و بعد از آن بالترتیب حساسیت پلک ها، رخسارها، شقیقه ها و لب ها و پشت دست قرار دارند. اگر احساس حرارت و برودت از یک حد معین کمتر یا زیادتر باشد یکنوع سوزش و درد احساس میشود. علاوه بر آن اندازه احساس ما برای درجه حرارت محدود است بنابرآن در فزیک به سنجش دقیق و درجات متعدد ضرورت می افتد و برای اینکه اشتباهی در مسائل فزیکی وارد نشود و هم کمترین تغییرات حرارت تعیین و تشخیص شده بتواند آله ساخته اند که اساس آنها بروی انبساط اجسام سیماب و الکول در اثر حرارت قرارگرفته است و بنام میزا الحراره (thermomter) یاد میشوند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

تجربه نشان میدهدکه اجسام در اثر حرارت منبسط و در اثـر بـرودت منقـبض میگردد.



شکل (1-2)

مانند شکل (1-2) اگر دو ظرف شیشـه یـی کـه در بـین یکـی آب و در بـین دیگر آن الکل انداخته شده مدنظر گرفته شود و به دهن هر کدام یک نـل شیشـه ای باریک قرارداده شود بعد هر دو وارد ظرف آب گرمـی گـردد ملاحظـه میشـود کـه آب و الکل منبسط شده در نل های شیشه ی به اندازه های مختلف بلند میـرود و بـه همین طریق اگر به عوض آب سیماب انداخته شود در اثر حرارت سیماب نیز به نـل بلند میرود و اگر ظرف سرد گردد سیماب دوباره پائین میآید. ازیـن خاصـیت بـرای ساختن ترمامترهای استفاده کرده اند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

1-3. میزان الحراره:

میزان الحراره یا ترمامتر آله ایست که برای اندازه نمودن حرارت اجسام بکار میرود. ترمامتر اقسام مختلف داشته و از آنجمله ترمامترهای سیمابی و الکلی بیشتر معمول است.

1- ترمامتر سیمابی:

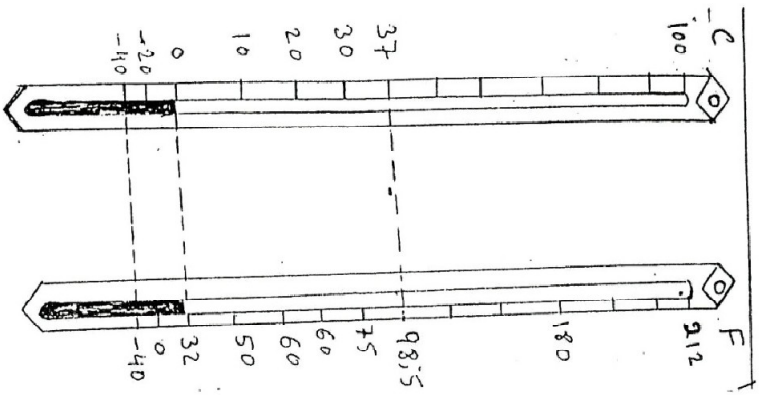
الف: ترمامتر فارنهایت[1]:

ترمامتر سیمابی اولین بار توسط فارنهایت Fahrenheit اختراع گردید. فارنهایت یک نل شیشه ای باریک (شعریه) را که به یک طرف آن مخزن کوچکی موجود بود گرفته از سیماب مملو ساخته و انجام دیگر آن را مسدود کرد. چون انتخاب دو نقطه اساسی ثابت در ترمامتر کیفی است برای درجه بندی این ترمامتر فارنهایت اولاًدو نقطه را انتخاب کرد یکی درجه حرارت بدن را نقطه بلند ترین و دیگر درجه حرارت مخلوط نمک و یخ به حیث نقطه پایین ترین. نقطه بالای 96 درجه فارنهایت و نقطه پائین را صفر درجه فارنهایت نامید و فاصله ستون سیماب بین این دو نقطه معینه را به 96 درجه تقسیم کرد.

[1] - فارنهایت: فزیک دان آلمانی است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (1-3)

لیکن بعد از آن فارنهایت درجه بندی این نقاط را تغییر داد طوریکه نقطه غلیان آب را 212 فارنهایت و نقطه انجماد آب را که در اول صفر گرفته بود $32^{o}F$ انتخاب کرد و فاصله سیماب بین این دو نقطه را به 180 حصه تقیسم کرد. شکل (1-3) فارنهایت درجه حرارت بدن را بصورت تخمین 96 درجه انتخاب کرده بود در حالیکه درجه حرارت بدن بصورت اوسط 98,6 درجه فارنهایت است.

ب: ترمامتر سانتی گرید:

سلسیوس[1] (Cilsius) ترمامتر سیمابی را طور دیگری درجه بندی نمود. سلسیوس نقطه انجماد و نقطه غلیان آب را طوری مده نظر گرفت که نقطه انجماد آب را در فشار $76mm-Hg$ صفر درجه و نقطه غلیان آبرا صد درجه انتخاب

[1] - دانشمند سویسی است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

کرده و بین این دو نقطه را به صد حصه تقسیم نمود و هر تقسیمات را یک درجه سلسیوس و یا سانتی گرید Centigrade می باشد.

ج: ترمامتر طبی:

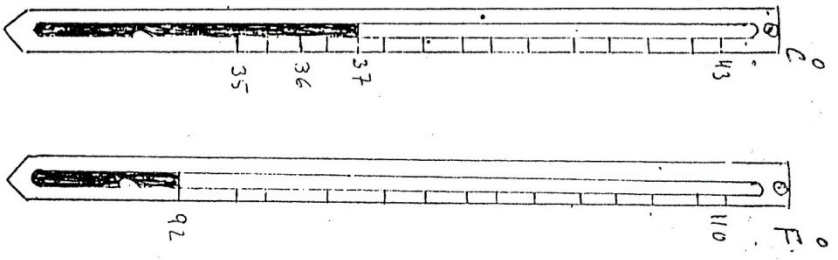
این ترماتر نیز ترمامتر سیمابی بوده برای تعیین درجه حرارت بدن انسان استعمال میشود درجات آن بین 35 درجه سانتی گرید تا 43 درجه سانتی گرید 92 درجه فارنهایت تا 110 درجه فارنهایت میباشد نل شیشه ای این ترمامتر طوری ساخته شده که در بین مخزن و نل شعریه خمیدگی وجود دارد. علت موجودیت این خمیده گی آنست که چون ترمامتر را از دهان شخص بیرون میآورند ستون سیماب مراحل خود باقی می ماند. فوراً پائین نمیرود و ممکن است درجه حرارت بدن را بدقت اندازه گرفت برای برگردانیدن سیماب در مخزن ترمامتر را سخت تکان میدهند و سیماب از مخزن فرو میآید. شکل (1-4) مدتیکه برای گرفتن درجه حرارت بدن لازم است مربوط به ساختمان و مشخصات ترمامتر است. حداقل زمان اطمینان بخش دو دقیقه میباشد با آنهم هر نوع از آن را باید با تجربه شخصی امتحان کرد. ترمامتر طبی را زیر بغل – زیر زبان یا در«Rectum» شخص قرار میدهند.

درین حالت درجات متفاوتی بدست میآید. حد متوسط حرارت بدن 37 درجه سانتی گرید است. درجه حرارت بدن هر شخص باید نسبت به حالت طبیعی و سلامت سنجیده شود و درجه حرارت اشخاص اندکی با همدیگر متفاوت است. هم چنان درجه حرارت بدن از صبح تا اوایل شب در جهت صعودی پیش میرود و این مقدار نظر به سن و جنس و حالات مختلف شخص تغییر میکند. تغییرات مذکور را

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

اطفال زیادتر و در زنان بیش از مردان است. هنگام حاملگی درجه حرارت طبیعی بدن بالا میرود و موقع خواب و استراحت اندکی پائین می آید.



شکل (1-4)

د: ترمامتر الکلی:

این نوع ترمامتر هم مانند ترمامتر سیمابی است ولی مخزن آن بزرگتر بوده در بین آن الکل رنگین میریزند تا خواندن درجات آسانتر شود. برعلاوه چون الکل دیرتر منجمد میشود یعنی نقطه انجماد آن بسیار پائین (-130) درجه سانتی گراد است بنابرآن برای تعیین درجات کم همین نوع ترمامتر استعمال میشود.

1-4. رابطه درجه سانتی گرید و فارنهایت:

قبلاً تذکر یافت که در ترمامتر سانتی گرید بین نقاط معینه 100 تقسیمات و در ترمامتر فارنهایت بین نقاط معینه 180 تقسیمات موجود است. از طرف دیگر میدانیم که بین درجه سانتی گرید و فارنهایت یک رابطه خطی موجود است. شکل (1-5) بنابراین میتوان نوشت.

$$tc = atf + b.....I$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

tc درجه سانتی گرید tf درجه فارنهایت a و b اعداد ثابت اند.

چون $Oc = 32F$ است لذا رابطه (I) شکل ذیل را بخود می گیرد.

$$O = ax32 + b.....II$$

همچنان $100C = 212F$ است لذا:

$$100 = ax212 + b.....III$$

از رابطه III و رابطه II را تفریق کرده قیمت های a و b حاصل میشود.

$$100 = 100a \qquad \text{یا} \qquad a = \frac{100}{180} = \frac{5}{9}$$

$$\frac{5}{9}x32 + b = 0 \qquad \text{یا} \qquad b = -\frac{5}{9}x32$$

اگر قیمت a و b در رابطه I وضع شود درینصورت:

$$tc = \frac{5}{9}tf - \frac{5}{9}.32$$

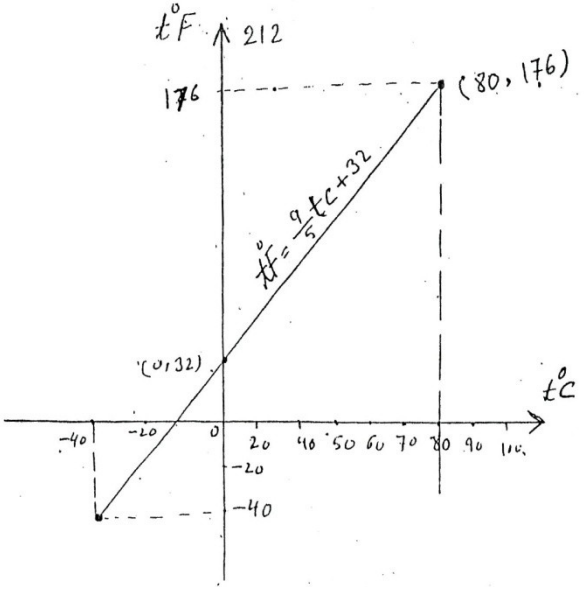
$$tc = \frac{5}{9}(tf - 32)$$

و همچنان از رابطه فوق قیمت tf را چنین دریافت کرده میتوانیم:

$$tf = \frac{9}{5}tc + 32$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (1-5)

1-5. درجه حرارت مطلقه کالوین[1]:

(273–) درجه سانتی گرید را صفر مطلق می نامند درجه حرارت مطلق درجه حرارت را گویند که مبداء آن صرف مطلق قرار داده شود. چون این درجه حرارت توسط لارد کلوین Lord Kelvin به میان آمده است از آن رو بنام درجه حرارت کلوین نیز معروف است و به حرف K نشان داده میشود صفر مطلق (273–) درجه سانتی گرید عبارت از سردترین نقطه ایست که حرکت مالیکول ها

[1] - کالوین فزیک دان بلفاستی است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

در آنجا تقریباً بکلی متوقف میگردد. یعنی جسم در آنجا تقریباً درجه حرارت خود را کاملاً می بازد.

1-6. رابطه بین درجه حرارت F^o, K^o, C^o

با در نظرداشت شکل (1-6) روابط زیر را میتوان نوشت:

چون $-273tc = o^o tk$ است لذا $0tc = 273tk$ و $100tc = 373tk$ میباشد برای تبدیل کردن این درجات حرارت با یکدیگر روابط زیر را بصورت عمومی میتوان نوشت:

$$tk = atc + b.....4$$

tk درجه حرارت کلوین (tc) درجه حرارت سانتی گرید. a و b اعداد ثابت اند اگر در رابطه 4 قیمت های معینه نقاط انجماد و غلیان آب نوشته شود درین صورت:

$$O = -273a + b.....5$$

$$373 = 100a + b.....6$$

از رابطه 4 و 5 قیمت a و b را چنین بدست می آوریم.

$$373 = 373a \qquad \text{یا} \qquad b = 273$$

$$a = \frac{373}{373} \qquad , \qquad a = 1$$

قیمت a و b را در رابطه 4 گذاشته فورمول زیر برای تبدیل نمودن درجه حرارت کلوین به سانتی گرید استعمال شده میتواند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$t\overset{o}{k} = t\overset{o}{c} + 273$$

$$t\overset{o}{c} = t\overset{o}{k} - 273$$

و همچنین:

$$0t\overset{o}{k} = -459.4t\overset{o}{f}$$

$$273t\overset{o}{k} = 32tf$$

$$373tk = 212tf$$

لذا برای تبدیل کردن درجه حرارت فارنهایت و کلوین روابط زیر را میتوان نوشت البته از روش گذشته میتوانیم بنویسیم که:

(روابط خطی است)

$$tk = atf + b.....7$$

بعد از اجرای عملیات لازمه داریم که:

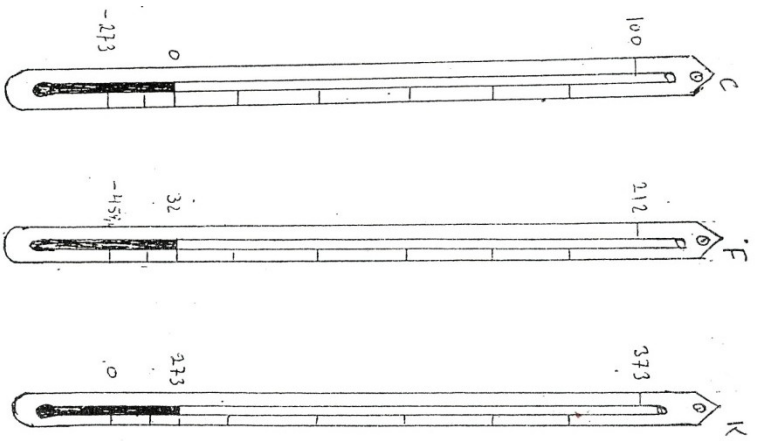
$$tk = \frac{5}{9}\left(tf + 459.4\right)$$

و یا:

$$tf = \frac{9}{5}tk - 459.4$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



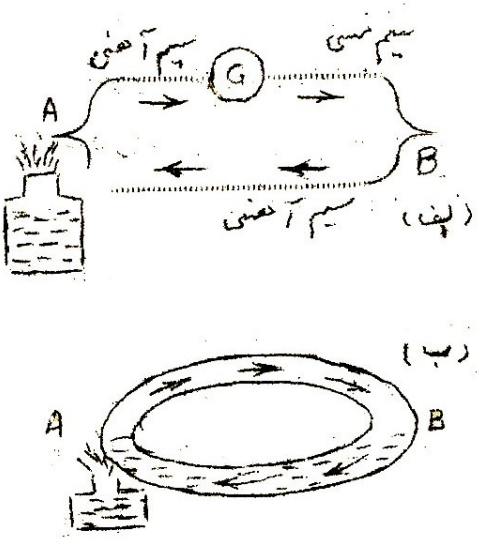
شکل (1-6)

1-7. کوپل ترموالکتریک (Couple thermoelectric):

مشاهدات روزانه نشان میدهد که انرژی برقی به سهولت به حرارت تبدیل شده میتواند اما عکس این عملیه یعنی تولید انرژی برقی توسط حرارت تا حدی مشکل است. با آنهم یگانه وسیله که میتوان از اثر حرارت انرژی برقی حاصل کرد عبارت از کوپل ترموالکتریک است. نظر به شکل هرگاه انجام های سیم مسی متجانس بیک ولت متر یا گلوانومتر و انجام دیگر آن بیک سیم آهنی وصل گردد. وقتیکه نقطه اتصال هر دو سیم یعنی A حرارت داده شود و نقطه اتصال دومی یعنی B بدرجه حرارت صفر نگاه کرده شود یک قوه محرکه برقی e.m.f بسیار ضعیف در دوره به مشاهده میرسد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (1-7)

که این کیفیت را حادثه ترموالکتریک و مجموع دو فلز را کوپل ترموالکتریک می نامند. علت تولید قوه محرکه را در مدار میتوان بشکل زیر توضیح کرد.

نظر به شکل (1–7) (ب) یک تیوب شیشه یی دائروی را که تا نصف آن الکل انداخته شده است مدنظر گرفته و در نقطه A به آن حرارت دهید. در اثر حرارت دادن الکل از حصه A تبخیر شده و به حصه B که سرد است متراکم میشود. باینصورت تا وقتیکه بین نقاط B و A یک اختلاف درجه حرارت موجود باشد جریان الکل از A بطرف B ادامه خواهد داشت. مشابه باین در شکل (الف) وقتیکه محل اتصال دو سیم یعنی A حرارت داده میشود. الکترونها آزاد از A فرار

www.ketabton.com

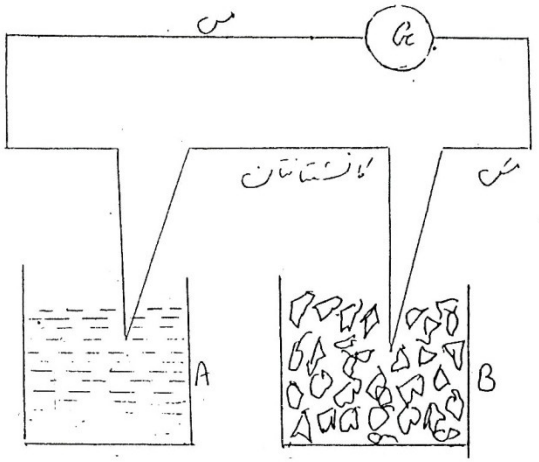
(c) ketabton.com: The Digital Library

کرده بطرف B که سرد است متراکم میشوند. و ازینکه به نقطه A داده میشود یک مقدار انرژی تهیه کرده که سبب جریان الکترون ها میگردد.

برای درجه بندی کوپل ترموالکتریک شکل را که از سیم مسی و کانستانستان تشکیل گردیده در نظر گرفته میشود. طوریکه نقطه اتصال A در ظرف پر از آب جوش و نقطه اتصال B در بین ظرف پر از یخ بدرجه حرارت صفر نگهداشته میشود.

بعد قوه محرکه تولید شده پس از اوقات معینه بر حسب اختلاف درجه حرارت تعیین میگردد. نظر به قیمت های حاصل شده گراف قوه محرکه به تابع اختلاف درجه حرارت ترسیم میشود.

$$E = at^2 + bt + c$$



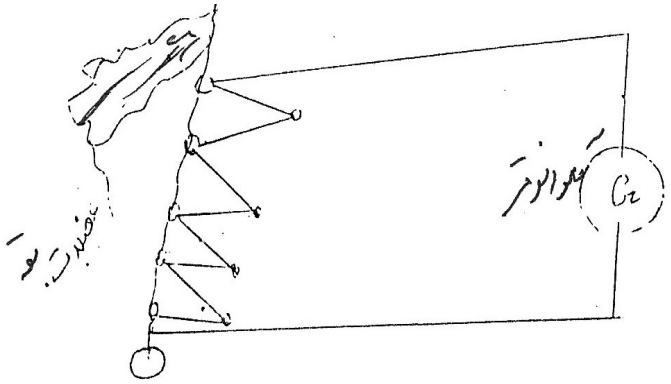
شکل (1-8)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

1-8. ترموپیل (Thermopile):

هرگاه چند عدد کوپل ترموالکتریک بطور سلسله باهم وصل گردند درینصورت یک ترموپیل حاصل میشود که بمقابل تغییرات جزئی درجه حرارت فوق العاده حساس میباشد. شکل (1-9) توسط این طریقه حساس میتوان اختلاف ترموپیل حرارت انساج حیه استعمال شود. بطور مثال برای تعیین درجه حرارت عضله یک بقه ایکه تازه کشته شده باشد عضله گرم آن به تماس نقاط عضله گرم آن به تماس نقاط اتصال ترموپیل قرار داده میشود. حرارتیکه از عضله به نقاط اتصال متصل میگردد.



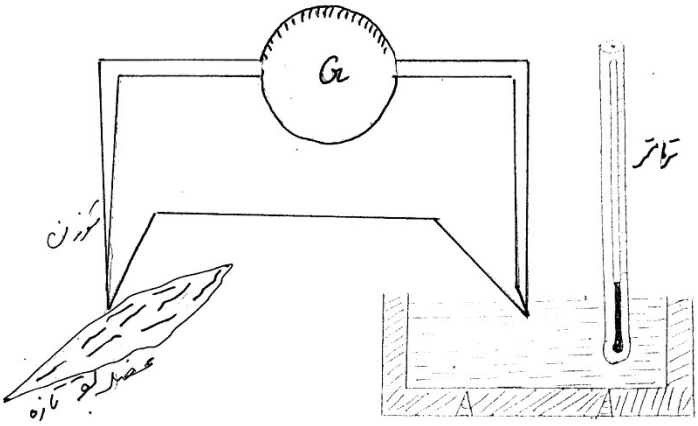
شکل (1-9)

توسط گلوانومتری که در مدار وصل است تعیین میشود. هرگاه عضله بمقابل نقاط اتصال کش شود. گلوانومتر مقدار حرارت بیشتر را نشان میدهد تولید حرارت

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

توسط عضله تحت شرایط مختلف هنگامی که عضله فعال و یا در حال استراحت است تحت مطالعه قرار داده میشود و به اساس آن معلومات بهتری درباره ترکیب بدن موجودات حیه حاصل میشود. همچنین ازین خاصیت استفاده کرده آله بنام بیل ترموالکتریک یا ترمامتر الکتریکی ساخته اند که عبارت از یک سوزن بسیار نازک مرکب از دو فلز مختلف الجنس بهم چسپیده و متصل بیک گلوانومتر خیلی حساس وصل است شکل (1−10) وقتیکه این سوزن به زیر پوست بدن انسان یا حیوانی داخل گردد حرارت بدن سبب انحراف عقربه گلوانومتر میشود و هر قدر حرارت بدن بیشتر باشد انحراف عقربه گلوانومتر زیادتر خواهد بود و به این ترتیب میتوان درجات مختلف حرارت بدن را تعیین کرد.



شکل (1-10)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

سوالات فصل اول

1- یک نرس درجه حرارت بدن یک نفر مریض را $102F^o$ دریافت کرد اگر ترمامتر سانتی گرید استعمال میکرد. درجه حرارت بدن آن مریض را چند نشان میداد.

2- یک نفر داکتر مریض را معاینه کرد بعد درجه حرارت بدن او را که توسط ترمامتر سانتی گرید اندازه کرده بود که پنج خط تب دارد اگر حرارت بدن او را با ترمامتر فارنهایت اندازه میکرد تب او را چند خط میگفت. (خط $1 = 0.1$ درجه)

4- درجه حرارت بدن یک شخص سالم $37C^o$ است بدرجه حرارت کلوین چند میشود.

5- نقطه غلیان آکسیجن مایع $(-183c^o)$ است این نقطه غلیان به درجه حرارت مطلقه مساوی به چند است؟

6- هرگاه در یک ترمامتر درجه فارنهایت سه چند درجه سانتی گرید باشد عددیکه درجه سانتی گرید را نشان میدهد دریافت نمایید.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

فصل دوم

2-1. مقدار و انتقال حرارت

الف: مقدار حرارت:

هرگاه در یک بیکر یک مقدار آب انداخته شود و بیکر بالای یک منبع حرارت مثلاًیک منقل برقی قرارداده شود و بعد توسط یک ترمامتری درجهٔ حرارت آب اندازه گردد دیده میشود که هر قدر مدت گذاشتن بیکر بالای منقل زیاد باشد درجهٔ حرارت آب بلندتر میرود. اگر این مدت زیاد طول بکشد آب به جوش خواهدآمد بناء گفته میشود که مقدار آب فوق یک مقدار حرارت از منقل گرفته و این حادثه سبب بلندرفتن درجهٔ حرارت یا تغییر حالت آب (جوش خوردن آب) گردیده است. و یا بالعکس اگر حرارت قطع گردد آب به تدریج سرد میشود بنابر این مقدار حرارت چنین تعریف میشود.

1- مقدار حرارت عبارت از عاملی است که سبب تغییر درجهٔ حرارت اجسام و یا تغییر حالت آنهامیگردد.

2- مقدار حرارت عبارت از افزایش و یا تقلیل مقدار انرژی داخلی یک جسم است که در اثنای انتقال حرارت صورت میگیرد.

اندازه گیری مقدار حرارت:

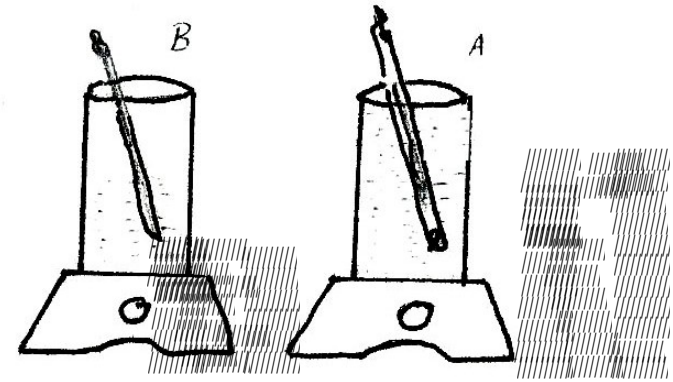
دو بیکر A,B را مدنظر گرفته فرضاً مقدار آب در بیکر A دو چند مقدار آب در بیکر B و درجهٔ حرارت هر دو مقدار آب 20 درجهٔ باشد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

اگر هر دو بیکر حرارت داده شوند طوریکه درجهٔ حرارت هر دو مقدار آب 40 درجه گردد درین صورت گفته میشود که درجهٔ حرارت هر دو مقدار آب مساوی بوده اما مقدار حرارتی را که آب بیکر A گرفته است دو چند مقدار حرارتی میباشد که آب بیکر B گرفته است. از اینجا نتیجه گرفته میشود که:

1- مقدار حرارتی که آب میگیرد تا درجهٔ حرارتش به اندازه معین بالا رود با کتله آب متناسب میباشد. یعنی در مرحله دوم اگر یکی ازین بیکرها مثلا بیکر A زیادتر حرارت داده شود که درجهٔ حرارت به $t_2 = 80C^o$ برسد در حقیقت مقدار حرارت در مرحله دوم که آب بیکر A گرفته است دو چند مقدار حرارتیست که در مرحله اول گرفته بود از اینجا چنین نتیجه میشود که:



شکل (2-1)

2- مقدار حرارتی که مقدار معین آب میگیرد با اختلاف درجهٔ حرارت آب متناسب است یعنی $Q_2 \sim \Delta t \quad or \quad Q_2 \sim (t_2 - t_1)$ هردو نتیجهٔ فوق را میتوان در عبارت ذیل خلاصه نمود:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

مقدار حرارتی که m گرام آب میگیرد تا درجۀحرارتش از t_1 به t_2 درجه برسد متناسب به حاصل ضرب کتله آب m در ازدیاد درجۀ حرارت $(t_2 - t_1)$ است. اگر این مقدار حرارت به Q_0 نشان داده شده فورمول ذیل بدست میآید:

$$Q_0 \sim m(t_2 - t_1) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

در مرحله سوم اگر m گرام سیماب در بیکر A انداخته شود فرضاً درجۀ حرارت سیماب t_1 باشد برای اینکه درجۀ حرارت سیماب از t_1 به t_2 بلند برود عین مقدار حرارت Q_0 که به m گرام آب داده شده بود کفایت نمیکند، بلکه یک مقدار حرارت Q لازم است تا درجۀ حرارت سیماب از t_1 به t_2 بلند برود. Q نه تنها متناسب به m و $t_2 - t_1$ میباشد. بلکه متناسب بیک کمیت فزیکی دیگری که بنام حرارت مخصوصه جسم یاد میشود نیز میباشد. حرارت مخصوصه اجسام مختلف متفاوت بوده چنین تعریف میشود:

تعریف: حرارت مخصوصۀ یک جسم عبارت از مقدار حرارتی است که درجۀ حرارت یک گرام آن جسم را یک درجۀ سانتی گرید بلند ببرد.

و یا به عباره دیگر حرارت مخصوصه اندازۀ انرژی را گویند که ذریعه مالیکول های یک گرام یک جسم گرفته میشود تا درجۀ حرارت آن یک درجه بلند شود.

با در نظرداشت حرارت مخصوص رابطه (1) شکل ذیل را میگیرد.

$$Q = mc(t_2 - t_1) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

از رابطه (2) چنین نتیجه حاصل میشود که مقدار حرارت Q مربوط به کتلهٔ m آن و با تغییر درجه حرارت جسم میباشد جسمی که کتلهٔ آن m کالوری حرارت ضروری است، حاصل ضرب mc را ظرفیت حرارتی جسم می نامند، حرارت مخصوصه به $Cal/gr.C^o$ اندازه میشود لذا حرارت مخصوصهٔ آب $Cal/gr.C^o$ است حرارت مخصوصهٔ آب نسبت به دیگر اجسام بیشتر است، مثلاً حرارت مخصوصه آهن $0.11Cal/grC^o$ است یعنی یک کالوری که درجه حرارت یک گرام آب را یک درجه بلند میرود درجه حرارت یک گرام آهن یا تقریباً 9 درجه بلند می برد، این خاصیت آب اهمیت حیاتی بسیار بزرگی دارد.

مثلاً اگر یک حیوان یا انسان به اثر دویدن یک مقدار حرارت تولید نماید چون حرارت مخصوصهٔ آب زیاد است درجهٔ حرارت وجود آن بسیار بلند نمیشود و باعث تب نمی گردد، البته این خاصیت آب در بحرها خیلی مهم میباشد اگر حرارت ابحار به اثر شعاع آفتاب زود بلند میرفت حیات در آن غیرممکن میگردید.

2-2. واحد مقدار حرارت:

واحد مقدار حرارت به سیستم C.G.S عبارت از کالوری (Calorie) است که بنام کالوری کوچک و یا گرام کالوری نیز یاد میشود.

کالوری (Cal) عبارت از مقدار حرارتیست که درجهٔ حرارت یک گرام آب را از $14,5C^o$ به $15.5C^o$ برساند، در سیستم M.K.S واحد حرارت کیلوگرام کالوری با کیلوکالوری (Kcal) و یا کالوری بزرگ انتخاب شده است

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

که برابر به 1000 کالوری میباشد. (کالوری بزرگ عبارت از مقدار حرارتی است که درجه حرارت یک کیلوگرام آب را تا یک درجه سانتی گرید بلند ببرد. یا درجهٔ حرارت یک کیلوگرام آب را از $14.4C^o$ به $15.5C^o$ برساند، حجم یک کیلوگرام در چهار درجه سانتی گرید مساوی به یک لیتر آب بوده و آن حجم یک دیسی مترمکعب آب میباشد.

2-3. کالوری متری Calorimetry:

1- تعادل حرارتی:

هرگاه دو یا چند جسم که درجهٔ حرارت آنها یکی نبوده و در مجاورت یکدیگر در یک سیستم مجرد $(Isolated)$ قرارداشته باشند، مشاهده میشود که تدریجاً حرارت از جسم گرم به جسم سرد منتقل میگردد. جسم سرد به همان اندازه مقدار حرارت را از جسم گرم اخذ میکند تا درجهٔ حرارتش مساوی به درجهٔ حرارت جسم گرم گردد. یعنی مقدار حرارت گرفته شده توسط جسم سرد مساوی به مقدار حرارت ضایع شده از جسم گرم میباشد.

درینصورت گفته میشود که درجه حرارت هر دو جسم یکسان بوده و همین درجه حرارت را درجهٔ حرارت تعادل و آن کیفیت را تعادل حرارت می نامند.

برای دریافت درجهٔ حرارت دو جسمیکه دارای کتله های m_1 و m_2 بوده و حرارت مخصوصهٔ آن C_1 و C_2 باشد، با درجات حرارت t_1, t_2 مدنظر گرفته میشود، بالفرض مقدار حرارت جسم اولی Q_1 و مقدار حرارت جسم دومی Q_2 و θ درجهٔ حرارت تعادل باشد. با در نظر داشت رابطه (2) میتوان نوشت.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$Q_1 = m_1 C_1 (\theta - t_1)$$

$$Q_2 = m_2 C_2 (t_2 - \theta) = \Delta t$$

نظر به تعریف مقدار حرارت $Q_1 = Q_2$ بوده بناً:

$$m_1 c_1 (\theta - t_1) = m_2 c_2 (t_2 - \theta) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$m_1 c_1 \theta = m_1 c_1 t_1 - m_2 c_2 t_2 + m_2 c_2 \theta_2 = 0$$

$$\theta (m_1 c_1 + m_2 c_2) = m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2$$

$$\theta = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

حالات خصوصی:

1- اگر هر دو جسم هم جنس و دارای عین کتله (هم وزن) باشند درجهٔ حرارت تعادل مساوی به اوسط درجات حرارت این دو جسم است درینصورت رابطه (3) بشکل ذیل نوشته میشود:

$$(\theta - t_1) = (t_2 - \theta)$$

$$2\theta = t_1 + t_2$$

$$\theta = \frac{t_1 + t_2}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

2- اگر هر دو جسم هم جنس باشند ولی کتله آنها مساوی نباشد تغییر درجهٔ حرارت مربوط به کتله آنها است درینحال رابطه (3) شکل ذیل را بخود میگیرد.

$$m_1 (\theta - t_1) = m_2 (t_2 - \theta)$$

$$m_1 \theta - m_1 t_1 - m_2 t_2 + m_2 \theta = 0$$

$$\theta (m_1 + m_2) = m_1 t_1 + m_2 t_2$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$\theta = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} \ldots\ldots\ldots (4)$$

2- هرگاه هر دو جسم دارای کتله های مساوی بوده لیکن جنسیت آنها مختلف باشد درینصورت رابطه (3) چنین نوشته شده میتواند.

$$c_1(\theta - t_1) = c_2(t_2 - \theta)$$

$$c_1\theta - c_1 t_1 - c_2 t_2 + c_2\theta = 0$$

$$\theta(c_1 + c_2) = c_1 t_1 + c_2 t_2$$

$$\theta = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2}{c_1 + t_2} \ldots\ldots\ldots (4)$$

از اینجا میتوان گفت که تعادل حرارتی تابع قوانین ذیل است:

1- اجسام گرم حرارت از دست میدهند و اجسام سرد حرارت را میگیرند.

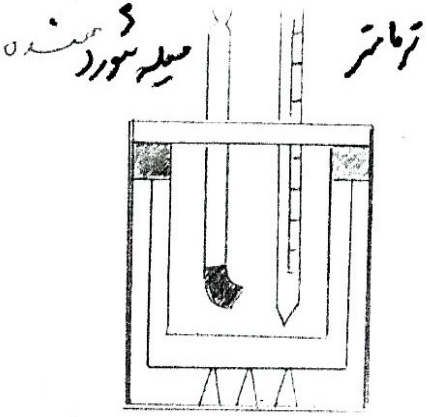
2- پس از مدتی درجهٔ حرارت تمام آنها یکسان میشود که این درجه حرارت را درجهٔ حرارت تعادل گویند.

3- مقدار حرارتی که منبع گرم میدهد برابر به مقدار حرارتیست که منبع سرد میگیرد مشروط بر اینکه این منبع با خارج تبادل حرارتی نداشته باشد.

4- مقدار حرارتی که یک جسم میگیرد تا از درجهٔ حرارت t_1 به t_2 برسد برابر مقدار حرارتیست که همان جسم پس میدهد تا از درجهٔ حرارت t_2 به t_1 بر گردد. برای اندازه گیری مقدار حرارت از آلهٔ موسوم به حرارت سنج یا کالوری متر استفاده میکنند که یکی از آن کالوری مترها ذیلاً تشریح میشود.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (2-2)

2- کالوری متر (Calorimeter):

کالوری متر تشکیل شده از یک طرف فلزی که جدار داخلی و خارجی آن صیقل شده است تا از ضیاع حرارتی توسط تشعشع جلوگیری کند این ظرف در روی پایه های عایق مانند کارک در داخل ظرف دیگری مانند E که جدار خارجی آن صیقل شده قرارگرفته است سطح خارجی آن بوسیله پارچه های نمایا با مواد یک عایق حرارت اند پوشانیده شده است. بداخل ظرف یک ترمامیتر برای تعیین درجهٔ حرارت آب کالوری میتر و هم آلهٔ شور دهنده موجود است که درجهٔ حرارت آن را یکنواخت میسازد. شکل (2-2) کالوری مترهای دقیق تر چندین ظرف صیقلی فلزی در داخل هم قرار داده میشود. مانند شکل (2-3) درین کالوری متر ظرف C در بین ظرف A و ظرف A در بین ظرف D که دارای دوجدار است قرارگرفته و در بین این دو جدار آب میریزند که بوسیلهٔ میله مخصوص آنرا شور

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

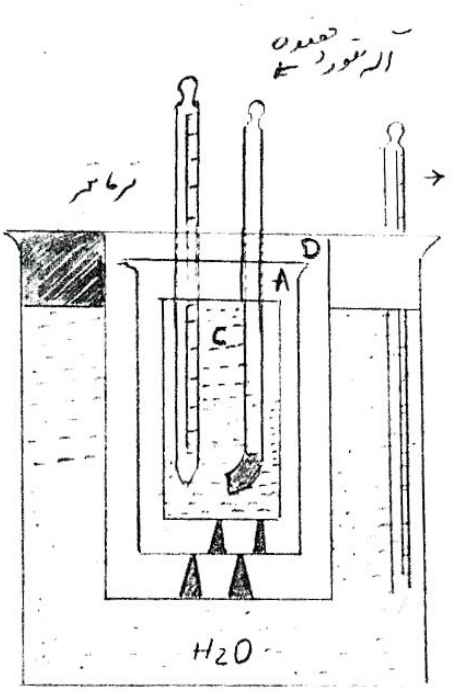
میدهند تا حرارت آن یکنواخت گردد به این صورت ظرف داخلی کاملاً خالی میباشد هر سه ظرف دارای سرپوش بوده و تنها سوراخ های برای عبور دادن ترمامتر و آله شور دهنده در آنها موجود است و تا حد امکان کوشش شده است که از انتقال حرارت از خارج بداخل و یا برعکس آن جلوگیری بعمل آید.

3-فارمول کالوری متر:

قبلاً ذکر شد که کالوری متر برای اندازه گیری مقدار حرارت بکار میرود. بناءً مقدار حرارتی که به آب کالوری متر داده میشود از روی ازدیاد درجهٔحرارت آن حاصل میشود. واضح است که در تجارب دقیق باید مقدار حرارتی که برای گرم کردن ظرف ترمامتر و آلهٔ شور دهنده به مصرف میرسد نیز در نظر گرفته میشود. درینصورت اگر کتله اب کالوری متر M کتلهٔ ظرف کالوری متر m_1 حرارت مخصوصه کالوری متر c_1 کتله آلهٔ شور دهنده m_2 حرارت مخصوصه آله شور دهنده c_2 کتلهٔ ترمامتر m_3 حرارت مخصوص ترمامتر c_3 انتخاب شود مقدار حرارت را که اجزای مختلف کالوری متر میگیرد. تا درجهٔ حرارت آنها از t_1 به t_2 برسد عبارت است از:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (3-2)

مقدار حرارتی که آب گرفته $q = M\left(t_2 - t_1\right)$

مقدار حرارتی که ظرف گرفته: $q_1 = m_1 c_1 \left(t_2 - t_1\right)$

مقدار حرارتی که آله شور دهنده گرفته: $q_2 = m_2 c_2 \left(t_2 - t_1\right)$

مقدار حرارتی که ترمامتر گرفته: $q_3 = m_3 c_3 \left(t_2 - t_1\right)$

مقدار حرارتی که تمام سیستم گرفته عبارت است از:

$$Q = q + q_1 + q_2 + q_3$$

$$Q = \left(M + m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3\right)\left(t_2 - t_1\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

چـون در یـک کـالوری متـر معـین مجموعـه $(m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3...)$ مقداریست ثابت که از یک تجربه به دیگر تجربه تغییر نمیکند اکثراً آنرا به μ نشان میدهند با در نظر داشت رابطهٔ (5) مقدار حرارتی کـه کـالوری متـر میگیـرد عبـارت است از:

$$Q = (M + \mu)(t_2 - t_1).....(6)$$

قیمت ثابت μ را ظرفیـت حرارتـی کـالوری متـر مینامنـد و بـه گـرام انـدازه میشود. باید ملتفت بود که مقـدار حرارتـی کـه توسـط کـالوری متـر گرفتـه میشـود عبارت از $\mu(t_2 - t_1)$ است و این مقدار حرارتی است که M گرام آب را از درجهٔ حرارت t_1 بدرجهٔ حرارت t_2 بلند می برد از همـین سـبب آن را قیمـت معـادل آب کالوری متر نیز مینامند اگر در کالوری متـر بـه عـوض آب M گـرام مـایع دیگـری بحرارت مخصوص Cبریزیم درین صورت فارمول کالوری متر بشـکل ذیـل نوشـته میشود.

$$Q = (Mc + \mu)(t_2 - t_1).....(7)$$

2-4. اندازه گیری حرارت مخصوصه اجسام

1- تعیین حرارت مخصوصهٔ جامدات بطریقه مخلوط:

برای تعیین حرارت مخصوصه یک جسم جامد m گرام آنـرا گرفتـه در بـین ظرفیکه یک مقدار آب دارد و درجـهٔ حـرارت آن t_0 اسـت انداختـه میشـود ظـرف مذکور برای سهولت m گرام جسم مذکور در آب جوش فرو بـرده میشـود بـه ایـن

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

ترتیب بعد از گذشت یک زمان حرارت جسم t_2 میگردد. بعد از آن جسم مذکور در کالوری متری که دارای M گرام آب بدرجهٔ حرارت t_1 است انداخته میشود پس از برقراری تعادل درجهٔ حرارت کالوری متر به θ میرسد که توسط ترمامتر مشخص میگردد (شکل 2-2) اگر ظرفیت حرارتی کالوری متر μ و حرارت مخصوصه جسم مورد تجربه (c) باشد درینصورت نظر به قانون کالوری متری مقدار حرارت گرفته شده بوسیلهٔ کالوری متر یعنی : $Q_1 = (M+\mu)(\theta - t_1)$ مساوی است با حرارتی که جسم از دست داده تا از درجهٔ حرارت t_2 بدرجهٔ حرارت تعادل θ رسیده است یعنی:

$$Q_2 = mc(t_2 - \theta)$$

از رابطه فوق حرارت مخصوصه جسم جامد یعنی (c) حاصل شده میتواند:

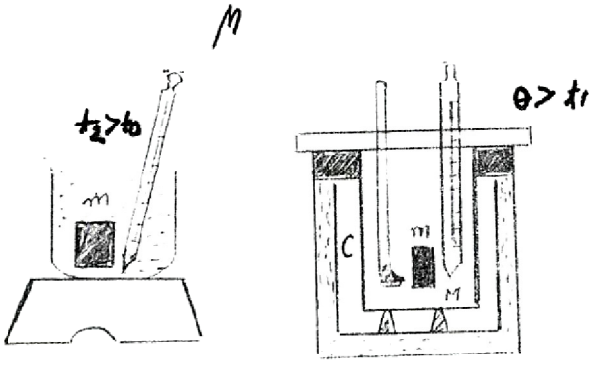
$$Q_1 = Q_2$$

$$mc(t_2 - \theta) = (M+\mu)(\theta - t_1)$$

$$C = \frac{(M+\mu)(\theta - t_1)}{m(t_2 - \theta)}$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (4-2)

2- تعیین حرارت مخصوصهٔ مایعات:

برای دریافت حرارت مخصوصه مایعات طرزالعمل مانند دریافت حرارت مخصوص جامدات میباشد. تنها بعوض آب مایع مورد نظر و یک جسم جامدیکه حرارت مخصوصه آن معلوم باشد استعمال میشود. اما جسم طوری انتخاب شود که در بین مایع و این جسم باید تعامل کیمیاوی صورت نگیرد. اگر c_1 حرارت مخصوصه مایع باشد نظر به قانون کالوری متری مقدار حرارت گرفته شده بوسیله کالوری متر حرارت از دست داده شده توسط جسم با هم مساوی اند یعنی:

$$(MC_1+\mu)(\theta-t_1)=mc(t_2-\theta)$$

$$c_1=\frac{mC(t_2-\theta)}{M(\theta-t_1)}-\frac{\mu}{M}$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

در رابطه فوق m کتله جسم c حرارت مخصوصه جسم t_2 حرارت جسم در بین مایع θ درجهٔ حرارت تعادل کالوری متر M کتله مایع t_1 درجهٔ حرارت اولی مایع و μ ظرفیت حرارتی کالوری متر میباشد.

نوت: اگر مایع مورد نظر بسیار گرم باشد جسم جامد را عوض اینکه حرارت داده شود توسط یخ سرد ساخته بعد آنرا در کالوری متر می اندازند.

ارزش حرارتی غذا:

یک قسمت زیاد مواد غذائی که خورده میشود اوکسیدایز شده به انرژی حرارتی و انرژی کیمیاوی تبدیل میشود. غذا در وجود مانند مواد سوخت در ماشین سبب تولید احتراق میشود بنابرآن بیولوجی دانها اکثراً مواد غذایی را به اساس اندازه حرارت احتراق آن به کیلوکالوری فیصدگرام پیمایش میکنند.

بدن انسان تقریباً دارای درجهٔ حرارت ثابت $98.6F^o$ میباشد توسط عمل احتراق در بدن انسان در حال استراحت بطور متوسط روزانه $(2500Kcal)$ حرارت تولید میشود و همین مقدار حرارت توسط عمل هدایت، کنویکشن، تشعشع و تبخیر آب از طریق جلد و شش خارج میشود. بطور متوسط روزانه (600) تا (800) سانتی مترمکعب آب از راه جلد تبخیر و این حرارت تلف شده بالغ به 416 کیلوکالوری میشود. این مقدار معادل 21 فیصد تمام حرارت تولیدی بدن در یک شبانه روز است در موسم زمستان درجهٔ حرارت محیط نسبتاً پائین میباشد از ضیاع حرارت توسط پوشیدن لباسهای ضخیم و پشمی جلوگیری میشود در حالیکه در موسوم تابستان چون درجهٔ حرارت محیط تقریباً نزدیک بدرجهٔ حرارت بدن میباشد

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

ضیاع انرژی حرارتی بسیار کم بوده و حتی پوشیدن لباس نازک احساس گرمی میشود.

تجربه نشان میدهد مقدار انرژی که از احتراق مواد غذایی در وجود حاصل میشود معادل به مقدار حرارتیست که از احتراق همان مقدار مواد مذکور به کالوری متر تولید میگردد. مقدار کالوری که بصورت متوسط وجود یک شخص بالغ ضرورت دارد. روزانه (3000) کیلو کالوری است.

اطفال نسبت به اشخاص بالغ به جهت داشتن فعالیت جسمانی زیاد و نمو به کالوری بیشتر ضرورت دارند. یک بچه (11) ساله الی (15) ساله به همان اندازه کالوری ضرورت دارد مثلیکه برای کارهای سنگین لازم است و هم برای اشخاص مسن کالوری کمتر نسبت به اشخاص جوان ضرورت است.

انتقال حرارت:

هرگاه انجام یک میله فلزی حرارت داده شود انجام دیگر آن گرم میشود وقتی که یک ظرف پر از مایع حرارت داده شود تمام آن مایع گرم میشود. همچنان انتقال حرارت آفتاب به زمین از طریق فضاء صورت میگیرد. و یا به صورت عمومی دو جسم که درجهٔ حرارت آنها متفاوت است در مجاورت یکدیگر قرار گیرند. حرارت از جسم گرم به جسم سرد انتقال میابد و این انتقال حرارت به سه صورت ذیل انجام میگیرد.

1- توسط هدایت (Conduction)

2- توسط کنوکشن یا جریان (Convection)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

3- توسط تشعشع (Radiation).

1- **هدایت (Conduction)**: معمولی ترین وسیلهٔ انتقال حرارت بین اجسام وسیلهٔ هدایت است. وقتی انجام یک میله مسی در آب جوش فرو برده شود مشاهده میشود که به تدریج نقاط مختلف میله گرم میگردد. سبب گرم شدن تمام میله این است که در اثر حرارت مالیکول های همان انجام میله به اهتزاز شروع کرده انرژی حرارتی از یک مالیکول به مالیکول مجاور منتقل میگردد و در نتیجه باعث گرمی تمام میله میشود همین نوع انتقال حرارت را در اجسام بنام هدایت حرارت یاد میکنند.

انتقال حرارت توسط هدایت در اجسام مختلف یکسان نیست. مثلاً نقره، المونیم، آهن، سرب و غیره حرارت را در یک وقت معین به یک اندازه مساوی انتقال داده نمیتواند، عموماً در فلزات انتقال حرارت توسط هدایت صورت میگیرد و قدر قابلیت هدایت حرارتی یک جسم بیشتر باشد انتقال حرارت سریع تر صورت میگیرد. مثلاً قابلیت هدایت حرارت در فلزات زیاد و در مایعات و گازها بسیار کم است.

از قابلیت هدایت حرارتی استفاده کرده قالبهای یخچالی را که قطعات یخ مکعب شکل میسازند از هادی های قوی تهیه میکنند زیرا حرارت هرچه زودتر از آب بیرون رود به همان اندازه آب زودتر یخ میبندد. هرگاه نگهداری حرارت مطلوب باشد از هادی های ضعیف درین مورد کار میگیرند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

همچنین از خاصیت هدایت حرارتی در ساختن ترموز – یخچال های برقی و دیوارهای خانه استفاده مینمایند. در عمارات، دیوارهای میسازند که مابین آنها خالی میباشد اکثراً بین دو دیوار را از موادی که هادی ضعیف اند پر میکنند، در اینصورت در زمستان دیوارها حرارت اتاق را حفظ میکند و در تابستان مانع ورود حرارت میشوند. طوریکه ذکر شد هوا هادی بسیار ضعیف است. پارچه های پشمی نیز همین حالت را دارد زیرا در بین رشته های آن منافذ کوچک پر از هوا قرارگرفته و به همان دلیل هادی ضعیف است. همچنان توسط این هادی ها میتوان چیزهای گرم را به همان حال گرمی و چیزهای سرد را بحال سردی نگهداشت و از ورود و خروج حرارت جلوگیری کرد. هنگام سردی حرکات میخانیکی به تولید حرارت کمک میکنند و در موقع ازدیاد حرارت خارج تبخیر جلدی و ریوی و کم شدن حرکات بدن از بالا رفتن درجهٔ حرارت جلوگیری میکند، البته عایق و پشمی در زمستان بدن را گرم نگهمیدارد. زیرا نمیگذارند حرارت از بدن خارج شود اما برخلاف آنچه در میان مردم معروف است خود آنها بدن را گرم نمیکند بلکه حرارتی که بدن را گرم میکند محصول احتراق داخل بدن است.

مشاهدات روزانه نشان میدهد که در موسوم زمستان از یک اتاق گرم یک مقدار حرارت بوسیلهٔ هدایت از طریق شیشه کلکین ها بطرف خارج اتاق منتقل میشود. حرارتیکه به این طریق انتقال میبابد مربوط ساخت مقطع شیشه، ضخامت آن اختلاف درجهٔ حرارت بین سطوح داخلی آن، وقت عبور جریان از یک سطح به سطح دیگر، و ضریب هدایت حرارتی آن میباشد. جسمی قرار شکل (2-5)

www.ketabton.com

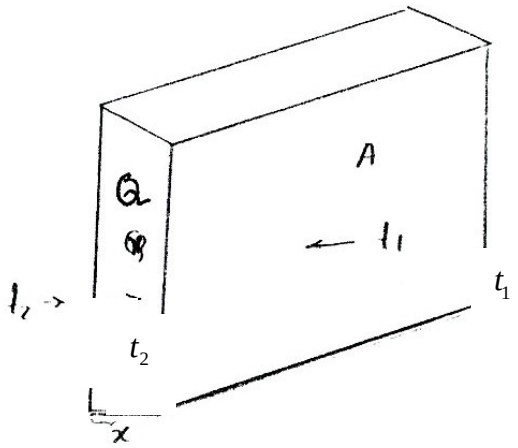
(c) ketabton.com: The Digital Library

مفروض است که سطح آن A ضخامت آن x درجهٔ حرارت یک سطح آن t_2 و از سطح دیگر آن t_1 بوده طوریکه $t_2 > t_1$ باشد اگر وقت عبور جریان t و ضریب هدایت حرارتی آن k باشد در صورتیکه t_2, t_1 ثابت نگهداشته شوند، مقدار حرارت Q که از یک سطح به سطح دیگر عبور میکند توسط رابطهٔ ذیل حاصل میگردد:

$$Q = \frac{KA(t_2 - t_1)t\,(time)}{x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

درین رابطه A بر حسب سانتی متر مربع و t به ثانیه اندازه میشود (Tomperarure Gradient) مینامند یعنی تغییر درجهٔ حرارت در ضخامت یک سانتی متر، k عبارت از ضریب هدایت حرارتی بود و چنین محاسبه میشود:

$$K = \frac{QX}{A(t_2 - t_1)t} \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$



شکل (2-5)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

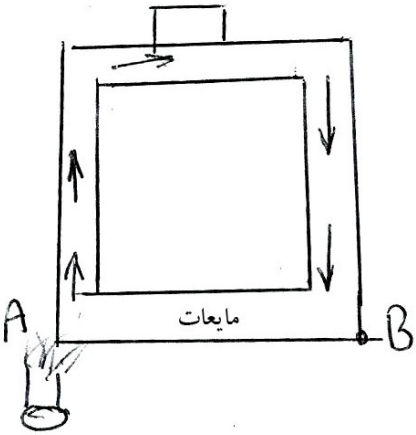
از رابطه فوق نتیجه میشود که واحد ضریب هدایت حرارتی عبارت است از $Cal/cmC^{o}.\sec$ اجسامی که ضریب هدایت حرارتی شان بلندتر است هادی بسیار خوب حرارت و اجسامی که ضرب هدایت حرارتی آنها کم باشد هادی های ضعیف حرارت گفته میشوند. فلزات هادی بسیار خوب حرارت بوده غیرفلزات مایعات بدرجهٔ دوم و گازها به استثنای هایدروجن ضعیف ترین هادی حرارت میباشد ضریب هدایت هایدروجن بزرگتر از بعضی اجسام غیرفلز است.

2- کنوکشن **(Convection)**: هرگاه حرارت بوسیله حرکات ذرات محیط انتقال یابد این طرز انتقال را کنوکشن می نامند، کنوکشن بدو طریقه بوجود میآید یکی بصورت طبیعی و دیگرش بصورت مصنوعی.

اگر حرکت سیال در اثر درجهٔ حرارت که باعث تنقیص کثافت میشود صورت گیرد آنرا کنوکشن طبیعی و اگر حرکت سیال توسط جبهه یا بادیکه صورت گیرد آنرا کنوکشن مصنوعی مینامند عمل کنوکشن در مایعات و گازات بهتر صورت میگیرد، بطور مثال اگر یک ظرف پر از آب مانند شکل (2-6) بحصهٔ A آن حرارت داده شود، آب در حصهٔ A انبساط کرده باعث تنقیص کثافت آن میگردد و در اثر تصادم مالیکول ها انرژی حرکی آنها افزوده شده سبب دوران آب از A بطرف B میشود، چون در حصه B کثافت آب نسبت به حصهٔ A بیشتر است بناءً فشار در نقطهٔ B نسبت به A بزرگ بوده و باعث حرکت آب گرم از Aبطرف بالا میشود.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (2-6)

همچنان وقتی بداخل یک اتاق بخاری روشن گردد. هوای مجاور آن گرم شده باعث اهتزاز مالیکولها میشود و تمام فضای اتاق را گرم میکند. بادهای کنار بحر یا دریا در اثر اختلاف درجهٔ حرارت زمین ساحل و دریا ایجاد میشود، و سمت وزش آنها در روز و شب تغییر میکند، در روز زمین ساحل در اثر تابش اشعهٔ آفتاب گرمتر از آب بحر میشود (زیرا حرارت مخصوصهٔ آب و خاک از هم متفاوت است) در نتیجه هوای بالای زمین منبسط شده بالا میرود و هوای سردی که در بالای آب دریا است جای گزین آن میشود و سبب تولید جریان کنوکشن میگردد، در شب زمین ساحل زودتر سرد میشود و هوای مجاور آن نیز سرد تر از های بالای آب دریا است درینحال جریان کنوکشن در جهت عکس جریان روز تولید میگردد.

عمل کنوکشن در زندگی روزانه فوق العاده موثر است جریانهای دریایی حرکت هوا در شیشهٔ چراغهای تیلی و نل بخاری، گرم کردن منازل بوسیله آب و

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بخار آب یا هوای گرم و همچنین سرد کردن هوای اتاق ها توسط عمل کنوکشن صورت میگیرد.

3- تشعشع (**Radiation**): طریقه دیگری که توسط آن حرارت منتشر میشود تشعشع است، این عمل بوسیله تابش اشعه صورت میگیرد. مثلاً هنگامیکه دست خود را در زیر گروپ برق قراردهیم احساس گرمی میکنیم، این عمل نشان میدهد که دست ما انرژی تشعشع را جذب میکند، انتقال این انرژی توسط هدایت صورت نگرفته زیرا هوا هادی ضعیف حرارت است، همچنین انتقال این انرژی توسط هدایت صورت نگرفته زیرا هوا هادی ضعیف حرارت است، همچنین انتقال این انرژی توسط کنوکشن صورت نمیگیرد زیرا هوای گرم بطرف بالا صعود میکند. به همین طریق اگر اشعهٔ آفتاب مدنظر گرفته شود انرژی حرارتی آفتاب توسط هدایت و کنوکشن بزمین نرسیده بلکه توسط یکی از امواج الکترومقناطیسی منتقل میگردد.

امواج الکترومقناطیسی باشکال مختلف منتشر میگردد مانند امواج رادیویی اشعه ماورای بنفش، اشعهٔ ایکس، اشعه گاما و اشعهٔ تحت قرمز، فرق در ماهیت اصلی این امواج عبارت از طول موج اینها است یعنی طویل ترین طول موج را امواج رادیو و کوتاه ترین طول موج را اشعه گاما که از مواد رادیواکتیف تولید میشود دارد.

تشعشع حرارتی توسط اشعه تحت قرمز منتقل میگردد وقتیکه این تشعشع باعث تولید حرارت میشود و از همین سبب است وقتیکه اشعهٔ آفتاب بوجود انسان

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

میرسد احساس گرمی میکند در طیف نور سفید علاوه برنگ های مرئی (هفت رنگ طیف) اشعهٔ غیرمرئی نیز وجود دارد، این اشعه در دو طرف طیف مرئی واقع شده اند قسمتی که قبل از اشعه قرمز قرار گرفته است اشعه تحت قرمز Infra red ray و قسمتی که پس از بنفش است اشعه ماورای بنفش Ultra violet ray نامیده میشود.

اشعهٔ تحت قرمز بین طول موج های $0,8\mu$[1] و 343μ قرار دارد در اشعهٔ قرمز طول موج های کوتاه تر از $1,5\mu$ جلد خارج میشود و بقیه جذب شده تولید حرارت می نماید، طول موج های بلندتر از 4μ بوسیلهٔ اغلب مواد جذب میشوند.

شیشهٔ معمولی برای اشعه تحت قرمز به طول موج بلند بکلی غیرقابل نفوذ است و مورد استعمال آن در ساختن گلخانه ها برای حفظ گلها از سردی در زمستان به سبب همین خاصیت است. اشعه مرئی در روز از شیشه های بخوبی عبور کرده گلها را گرم میکند ولی اشعهٔ غیرمرئی که شب از گلها خارج میشود بوسیلهٔ شیشه متوقف میگردد.

تجربتاً دریافت شده است که سرعت انتشار امواج الکترومقناطیس مساوی به سرعت نور $\left(3\times10^5\ Km/\text{sec}\right)$ است چون فاصله بین آفتاب و زمین $150\times10^5 km$ است. بنابرآن تشعشع آفتاب که سبب تولید حرارت میشود تقریباً کمی بیشتر از هشت دقیقه بزمین میرسد. از اینجا چنین نتیجه گرفته میشود که رسیدن تشعشع

[1] - μ (micron) یا میو (mu)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

حرارتی از یک بخاری برقی ایکه در یک کنج اتاق گذاشته شده تا به کنار دیگر اتاق یک وقت بسیار کوچکی را ایجاب میکند.

موجودیت نور بدون تشعشع حرارتی نیز امکان پذیر است. مانند نوریکه از کرم شب تاب $(Fire\ fly)$ عقربه و شماره های ساعت شب بین تولید میشود عبارت از نوری بدون تشعشع حرارتی است. بطور خلاصه گفته میشود که:

در هدایت (Conduction) انتقال انرژی حرارتی از یک مالیکول به مالیکول دیگر صورت میگیرد. در کنوکشن (Convection) انتقال انرژی حرارتی با مالیکول ها همزمان صورت میگیرد. اما تشعشع مانند نور میتواند در خلاهم عبور کند.

قوانین جذب تشعشع:

تجارب مختلف نشان میدهد (که در یک وقت معین مقدار انرژی تشعشع منتشر شده از یک جسم مربوط به جنسیت و درجهٔ حرارت آن است. بناءً مقدار انرژی تشعشعی منتشره را در یک ثانیه از واحد سطح بنام قدرت انتشار Emissive Power مینامند.

$$P = \frac{W}{t}$$

وقتیکه تشعشع به جسم میرسد مقداری از آن جذب و بداخل منتقل میشود و مقدار باقی مانده منعکس میگردد. نسبت انرژی جذب شده برمجموع انرژی وارده بنام قابلیت جذب (Abserbtivity) یاد میشود. اگر E_1 مجموع انرژی وارد و E_2 انرژی جذب شده و ε قابلیت جذب باشد درینصورت:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

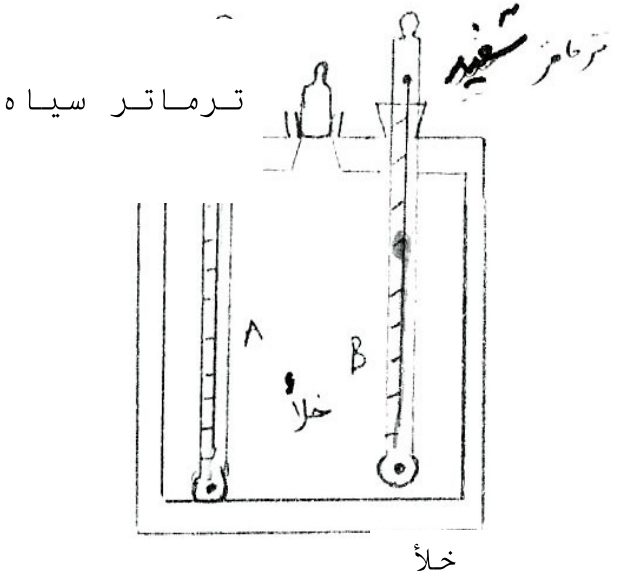
$$\varepsilon = \frac{E_2}{E_1} \text{.....} (12)$$

1- جسم سیاه و تشعشع:

تجربه نشان میدهد که اجسام سیاه تشعشع را بهتر جذب و بسیار کم منعکس میسازند. اجسام صیقلی و سفیدقسمت بیشتر تشعشع را منعکس میسازند. بطور مثال اگر دو عدد ترمامتر A, B در بین یک فلاسک (Flask) که هوای آن تخلیه شده باشد (تا عمل کنوکشن صورت نگیرد) قرار شکل (2-7) مدنظر گرفته شود پس از آن هر دو ترمامتر بمقابل اشعهٔ آفتاب گذاشته شود چون در بین فلاسک گاز موجود نیست مخزن ترمامتر توسط تشعشع حرارت اخذ میکند، هرگاه ترمامترها دارای ابعاد مساوی بوده و از عین ماده ساخته شده باشند هر دو به یک اندازه حرارت اخذ میکنند اگر ترمامتر A سیاه رنگ شود و هم ترمامتر B توسط نقره ملمع گردد درینصورت ترمامترA نسبت به B تشعشع بیشتر را جذب کرده در نتیجه درجهٔ حرارت A نسبت به Bبسرعت بلند میرود، ترمامتر سیاه شده تقریبا 97 فیصد تشعشع وارده را جذب میکند در حالیکه ترمامتر B تقریباً ده فیصد تشعشع را جذب می نماید.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (2-7)

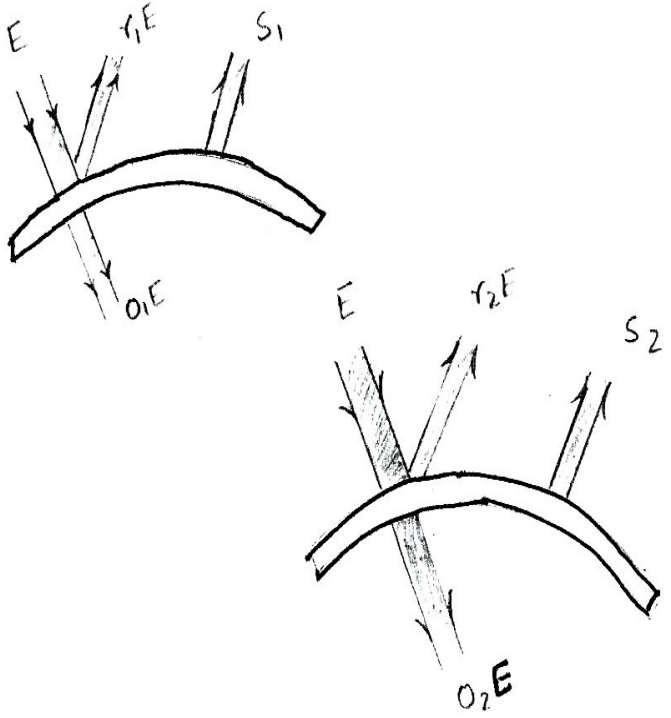
در مرحله دوم هرگاه هر دو ترمامتر ازبین فلاسک کشیده شوند و در بین یخچال (Refrigerator) گذاشته شوند درجهٔ حرارت ترمامتر A که سیاه است نسبت به ترمامتر B به سرعت سقوط میکند بنابرآن اجسامیکه تشعشع را خوب جذب میکند انتشار دهندهٔ خوب نیز میباشند و همیشه مقدار جذب تشعشع مساوی به مقدار انتشار است.

هرگاه E مقدار انرژی تشعشعی وارده در واحد زمان در فی واحد سطح بالای هر دو ترمامتر باشد، O_2E, O_1E مقدار انرژی تشعشعی جذب شده در واحد سطح r_2E, r_1E مقدار انرژی تشعشعی منعکسه S_2, S_1 تشعشع منتشره در فی واحد

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

سطح باشند درینصورت $r_1E + O_1E = E$ و هم $r_2E + O_2E = E$ است و یا $r_1 + O_1 = 1,\ r_2 + O_2 = 1$ میباشد.



شکل (2-8)

از طرف دیگر: $O_1E = S_1, O_2E = S_2$

بوده طرف به طرف تقسیم میکنیم

$$\frac{O_1}{O_2} = \frac{S_1}{S_2} \qquad or \qquad \frac{O_1}{S_1} = \frac{O_2}{S_2}$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بناءً نسبت مقدار تشعشع جذب شده به نسبت مقدار تشعشع منشتره هر یک دو سطحی که جنسیت شان یکی و درجهٔ حرارت آنها ثابت باشد با هم مساوی است، چون قابلیت جذب در مواد مختلف تغییر میکند بناءً اجسامیکه دارای رنگ سیاه باشند جذب آنها نزدیک به واحد است یعنی تقریباً تمام انرژی تشعشعی را جذب کرده هیچ انعکاس صورت نمیگیرد، بدین جهت اجسامی که تمام انرژی تشعشعی را جذب کنند بنام جسم سیاه (Black body) یاد میشود.

2- قانون ستفین[1] بولتزمین[2]:

اولین بار پیمایش انتقال حرارت به وسیله تشعشع در بین یک جسم و محوطه آن توسط تندال[3] (Tandall) تجربتاً صورت گرفته باساس این تجربه ستفین (Stefan) چنین نتیجه گرفته که مقدار حرارت تشعشعی یک جسم سیاه متناسب بدرجهٔ چهارم درجه حرارت مطلقه آن است بالآخره در اثر این تجارب بولتزمن Boltzmann نیز آنرا تائید کرد و بنام قانون سمتیفن – بولتزمن Stefan-Boltzmann یاد میشود. رابطه مذکور چنین بیان میگردد:

$$Rb = \sigma T^4 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

Rb عبارت از قدرت انتشار انرژی تشعشعی است از فی واحد سطح T درجه حرارت مطلقه است و δ عبارت از ثابت Stefan-Boltzmann میباشد که قیمت آن مساوی است.

[1]- ستفین از اطریش بود.

[2]- بولتزمن از اطریش بود.

[3]- تندال فزیک دان انگلیسی بود.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$\sigma = 5.6.10^{-5}\ erg/cm^2.dag^4.\sec$$

اکنون دو جسم را که یکی از آنها سیاه فرض شود. بداخل محوطه ئی قرار میدهیم. شکل (2-9) اگر درجهٔ حرارت جدارهای محوطه T ثابت باشند پس از مدتی هر دو جسم نیز به همان درجهٔ حرارت میرسند زیرا تبادل انرژی تشعشعی بین اجسام و محوطه صورت میگیرد، یعنی بعد از مدتی موازنه حرارت ایجاد شده و هر دو جسم عین حرارت T را داشته و حرارت آنها زیاد نمیشود.

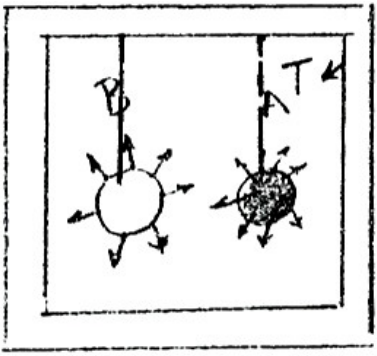
درین حال مقدار انرژی تشعشعی که بالای هر دو جسم در واحد زمان بر واحد سطح آنها میرسد مساوی است، اگر این انرژی E فرض شود چون جسم سیاه یعنی A تمام انرژی را جذب میکند پس باید به همان اندازه در هر ثانیه از واحد سطح منتشر سازد وگرنه درجهٔ حرارت آن افزوده میشود.

درین صورت: $E = Rb$

مقدارانرژی که جسم دیگر یعنی B در واحد زمان بر واحد سطح میگیرد مساوی به εE است زیرا $\varepsilon = \frac{E_2}{E_1}$, $E_2 = \varepsilon E_1$ و در همین زمان واحد سطح به اندازه R انرژی منتشر میسازد که مقدار.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (2-9)

انرژی جذب شده مساوی به انرژی منتشره است، یعنی $R = \varepsilon E$

و یا: $R = \varepsilon R_b$

چون $R_b = \sigma T^4$ است بنابر آن:

$$R = \varepsilon \sigma T^4 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

یعنی مقدار انرژی تشعشع منتشره از یک جسم مساویست به طاقت چهارم درجهٔ حرارت مطلقه و قابلیت جذب جسم.

حالا اگر یکی از دو جسم فوق الذکر که مساحت آن A و درجهٔ حرارت آن T_2 باشد. بداخل یک محوطه که درجهٔ حرارت آن T_1 است توسط یک تار باریک که عایق حرارت باشد آویزان شود.

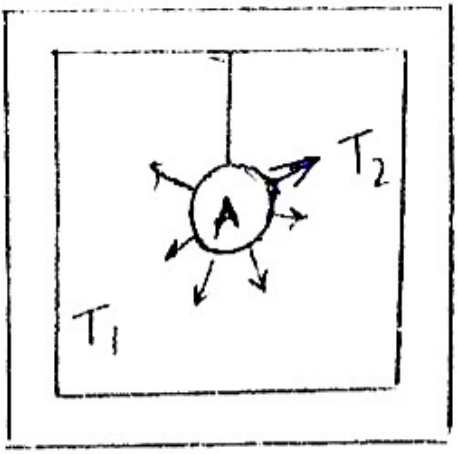
شکل (2-10) جسم مرکزی یک مقدار تشعشع بطرف جدار محوطه و برعکس جدرا محوطه یک مقدار تشعشع بطرف جسم منتشر میسازد اگر R_2 مقدار انرژی تشعشعی از جسم بطرف جدار محوطه و R_1 مقدار انرژی تشعشعی از جدار بطرف جسم باشد درین صورت میتوان نوشت که $R_2 = \varepsilon \sigma A T_2^4$ و مقدار انرژی

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

تشعشعی از جدار به سطح A جسم: اگر $T_2 > T_1$ باشد مقدار انرژی تشعشعی R که از سطح A در واحد زمان منتشر میشود مساویست به:

$$R = \varepsilon\sigma AT_2^4 - \varepsilon\sigma AT_1^4$$



شکل (2-10)

$$R = \varepsilon\sigma A\left(T_2^4 - T_1^4\right).....15$$

ε را قابلیت که مربوط به ماهیت سطح جسم مرکزی است، مینامند که مربوط به ماهیت سطح جسم مرکزی است. ε یک عدد مجرد بوده قیمت آن بین صفر و یک تحول میکند. هرگاه یک جسم کاملاً سیاه مدنظر گرفته شود، درین صورت قیمت $\varepsilon = 1$ میباشد. اگر جسم مانند سطح آیینه درخشان باشد $\varepsilon = 0$ است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

قانون نیوتن درباره سرد شدن:

هرگاه درجهٔ حرارت جسمی از درجهٔ حرارت محیط ماحول خود بالا تر باشد بتدریج سرد میشود تا بدرجهٔ حرارت معادل برسد. قانون های متعددی درباره سردشدن اجسام پیشنهاد شده است یکی از مفیدترین آنها بالخصوص برای اندازه گیری کالوری متری قانون نیوتن است، قوانین نیوتن درباره سرد شدن تحت شرایطی صورت میگیرد که جسم گرمتر از محیط مجاورخود باشد.

قانون مذکور در باره کالوری متری بدین عبارت بیان شده میتواند«سرعت سردشدن» یعنی مقدار انرژی حرارتی پس داده شده در واحد زمان بداخل کالوری متر متناسب به اختلاف درجه حرارت بین کالوری متر و محیط ماحول آن است یعنی:

$$\frac{dQ}{dt} \sim (\theta - \theta_0)$$

و یا:

$$\frac{dQ}{dt} = k(\theta - \theta_0)$$

که در اینجا dQ مقدار حرارتی است که در زمان dt از کالوری متر خارج میشود. و θ درجه حرارت موجوده کالوری متر و θ_0 درجه حرارت ثابت اتاق است. k ضریب تناسب که مربوط به شکل و جنس و شرایط سطح خارجی کالوری متر میباشد و آنرا ضریب ثابت تشعشع کالوری متر می نامند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

اگر mc ظرفیت حرارتی کالوری متر و متعلقات آن باشد یعنی $dQ = mcd\theta$ است.

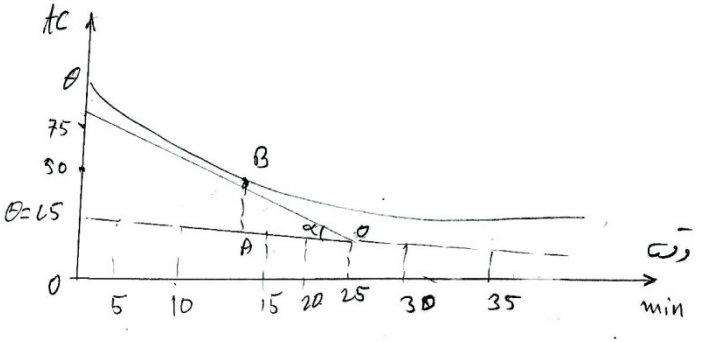
اگر قیمت dQ را در رابطه بالا وضع کنیم اندازه حرارت ضایع شده عبارت است از:

$$\frac{mcd\theta}{dt} = k(\theta - \theta_0)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{k}{mc}(\theta - \theta_0)$$

هرگاه گراف تنقیص درجه حرارت نظر به گذشت زمان درهر دقیقه ترسیم شود و از نقطه منتصفه درجه حرارت مانند شکل زیر مماس رسم گردد قیمت ثابت k از رابطه ذیل دریافت شده میتواند.

$$k = \frac{\tan \propto}{\theta - \theta_0}$$



شکل (2-11)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

سوالات فصل دوم

1- در یک کالوری متر $300gr$ مایع که درجه حرارت اولیه آن 10^oc است انداخته شده است، یک پارچه المونیم که کتله آن $100gr$ و درجه حرارت آن 110^oc گرید است نیز در بین کالوری متر انداخته میشود. اگر ظرفیت حرارتی کالوری متر $30gr$ و درجه حرارت تعادل آن 20^oc باشد حرارت مخصوصه مایع را دریافت کنید.

(حرارت مخصوصه المونیم $\left(0,22 cal/gr.^oc\right)$ است.

2- در کالوری متری که دارای $200gr$ آب به درجه حرارتی $15,2^oc$ است یک لوحه المونیم را به کتله $78gr$ که درجه حرارت آن 100^oc است داخل میسازیم، اگر ظرفیت حرارتی کالوری متر $16gr$ و درجه حرارت تعادل آن $21,2^oc$ باشد حرارت مخصوصه را حساب کنید.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

فصل سوم

3-1. انبساط اجسام

انبساط جامدات: تجارب نشان میدهد که اجسام در اثر حرارت منبسط گردیده است ابعاد آنها بزرگ میشود. بناءً حجم اجسام در اثر حرارت زیاد میشود و اگر درجه حرارت اجسام کم گردد حادثه انقباض صورت میگیرد یعنی ابعاد اجسام کم گردیده بناءً حجم آنها تنقیص می یابد. حادثه انبساط و انقباض توسط نظریه مالیکول توضیح و تشریح شده میتواند. چنانچه قبلاًذکر شد که در اثر ازدیاد درجه حرارت اهتزاز مالیکولهای جسم جامد سریع تر شده به مالیکول های مجاور فشار وارد میکند که در حقیقت هر مالیکول فضای بیشتری را برای حرکت خود اشغال میکند و در نتیجه حجم مجموعی اشغال شده توسط مالیکول های آن جسم تزاید میکند و در حالت سردشدن جسم مذکور عکس این عملیه صورت میگیرد. بصورت عمومی انبساط در اجسام جامد بر سه شکل صورت میگیرد.

1-انبساط خطی: تجربه نشان میدهد که اگر یک میله فلزی حرارت داده شود. طول اول (l_0) آن به اندازه (Δl) زیاد میشود واضح است که این افزایش (Δl) متناسب به طول اولی (l_0) و به تغییر درجه حرارت میله میباشد.

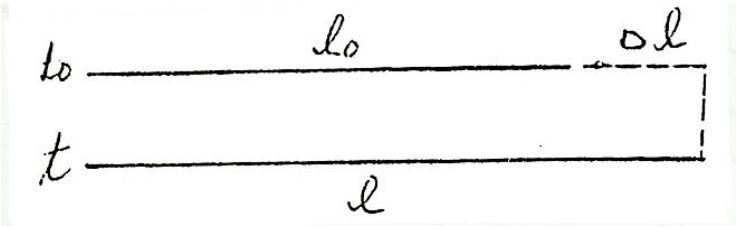
www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بطور مثال اگر دو میله فلزی هم جنس بطول l_1 و l_2 درنظر گرفته شوند. طوریکه $l_1 > l_2$ باشد و تا t درجه حرارت داده شوند. چون انتقال حرارت در هر یک آن میله ها متفاوت میباشد. یعنی ازدیاد طول متناسب بطول اولی و به تغییر درجه حرارت است. شکل (3-1) یک میله فلزی در نظر گرفته میشود که طول اولی آن l_0 بوده و درجه حرارت آن t_0 باشد وقتیکه درجه حرارت آن با اندازه t برسد طول آن مساوی به lمیشود.

بناءً

$$l - l_0 = \Delta l$$
$$t - t_0 = \Delta t$$



شکل (3-1)

تجربه نشان میدهد که تزاید طول Δl متناسب به حاصل ضرب طول اولی l_0 و ازدیاد درجه حرارت Δt میباشد. یعنی :

$$\Delta l \sim l_0 \Delta t$$
$$\Delta l = \propto l_0 \Delta t$$
$$\propto = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t} \ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

در رابطه فوق $\propto$ را ضرایب انبساط خطی مینامند اگر $l_0 = 1cm$ و $\Delta t = 1^o C$ باشد. $\propto = \Delta l$ میشود. لذا $\propto$ عبارت از انبساط جسمی است که طول

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

آن یک سانتی متر بوده درجه حرارت آن به اندازه یک درجه بلند برود ازین جا ضریب انبساط خطی چنین تعریف شده میتواند.

ضریب انبساط خطی یک جسم جامد عبارت از افزایش در واحد طول جسمی است وقتیکه درجه حرارت آن یک درجه بلند برود. طول l میله مساوی است به:

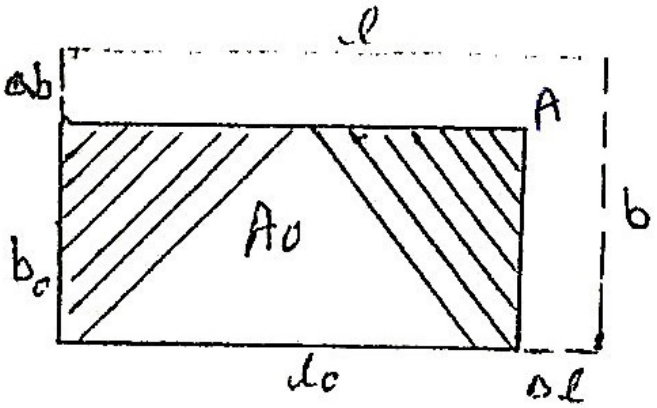
$$l - l_0 = \propto l_0 (t - t_0)$$
$$l - l_0 = \propto l_0 \Delta t$$
$$l = l_0 (1 + \propto \Delta t) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

ضرایب $\propto$ را به فی درجه حرارت سانتی گرید افاده میکنند مثلا ضریب انبساط مس (17.10^{-6}) فی درجه سانتی گرید است.

2- **انبساط سطحی**: هرگاه یک لوحه فلزی مستطیل شکل حرارت داده شود لوحه در امتداد اضلاع منبسط گردیده و سطح آن بزرگ میشود. این افزایش سطح را انبساط سطحی مینامند. لوحه فلزی و مستطیل که بدرجه حرارت t_0 طول آن l_0 و عرض آن b_0 است مفروض بوده وقتی این لوحه تا درجه t حرارت داده شود. طول و عرض آن به اندازه Δl و Δb زیاد میشد. شکل (3-2)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (3-2)

ازین جا نظر به انبساط خطی روابط ذیل نوشته شده میتواند.

$$l = l_0\left(1+ \propto \Delta t\right)$$

$$b = b_0\left(1+ \propto \Delta t\right)$$

مساحت اولی لوحه مساویست به:

$$A_0 = l_0 b_0 .....3$$

مساحت لوحه پس از حرارت دادن:

$$A = lb .....4$$

اگر قیمت های l و b در رابطه 4 وضع شود درینصورت:

$$A = l_0\left(1+ \propto \Delta t\right), b_0\left(1+ \propto \Delta t\right)$$

$$A = l_0 b_0\left(1+ \propto \Delta t\right)^2 = A_0\left\{1+ 2 \propto \Delta t + \left(\propto \Delta t\right)^2\right\}$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

چون $\propto$ یک کمیت خیلی کوچک است لذا $(\propto)^2$ فوق العاده کوچک بوده در نتیجه $(\propto \Delta t)^2$ قابل صرف نظر است و رابطه فوق شکل ذیل را میگیرد.

$$A = A_0(1 + 2 \propto \Delta t)$$

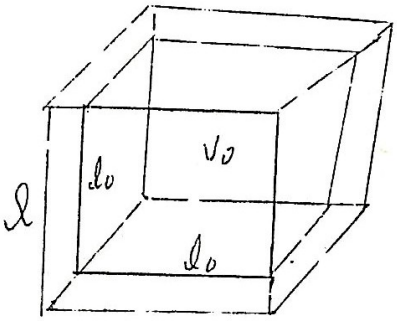
اگر $\beta = 2 \propto$ وضع شود رابطه فوق شکل زیرا میگیرد.

$$A = A_0(1 + \beta \Delta t) .....V$$

β ضریب انبساط سطحی بوده و عبارت از ازدیاد واحد سطح در اثر افزایش یکدرجه حرارت است که تقریباً مساوی به دوچند ضریب انبساط خطی میباشد. یعنی:

$$\beta = 2 \propto$$

3- انبساط حجمی: یک مکعبی فلزی مفروض است که طول هر خط الرأس آن l_0 و حجم اولیه آن V_0 به درجه حرارت t_0 باشد.



شکل (3-3)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

شکل (3-3) اگر مکعب مذکور تا t درجه حرارت داده شود به امتداد هر خط الرأس به اندازه Δl زیاد میشود اگر حجم آن بعد از انبساط V و طول هر ضلع آن l باشد.

درینصورت $V = l^3$

چون $l = l_0(1+\propto \Delta t)$ است.

بنابراین $V = \left\{ l_0^3 (1+\propto \Delta t)^3 \right\}$

$$V = l_0^3 \left[1+3\propto \Delta t + 3(\propto \Delta t)^2 + (\propto \Delta t)^3 \right]$$

چون $(\propto \Delta t)^2$ و $(\propto \Delta t)^3$ بسیار کوچک اند لذا قابل صرف نظر اند.

بناءً اگر $V = V_0(1+3\propto \Delta t)$ $3\propto = \gamma$ وضع شود.

$$V = V_0(1+\gamma \Delta t) \ldots\ldots\ldots\ldots 6$$

γ بنام ضرایب انبساط حجمی یاد میشود. و عبارت از ازدیاد واحد حجم در اثر افزایش یک درجه حرارت است و تقریباً مساوی به سه چند ضریب انبساط خطی میباشد یعنی:

$$\gamma = 3\propto$$

3-2. تأثیرات حرارت بالای کثافت اجسام:

قبلاً ذکر شد که حرارت در طول سطح و حجم اجسام تأثیر می نماید اینک برای مطالعه تأثیرات حرارت کثافت اجسام را از نظر میگذرانیم. جسمیکه کثافت آن f_0 کتله آن m و حجم اش بدرجه حرارت t_0 عبارت از V_0 است. مدنظر گرفته میشود. اگر جسم مذکور تا به درجه حرارت t حرارت داده شود دیده میشود

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

که کتله m آن تغییر نکرده اما حجم اش زیاد شده مساوی به V میشود نظر به تعریف:

کثافت بدرجه t_0: $f_0 = \frac{m}{V_0}$ و کثافت بدرجه t: $f = \frac{m}{V}$

بعد از تقسیم روابط فوق نتیجه میشود که: $\frac{f}{f_0} = \frac{V_0}{V}$

چون $V = V_0(1+\gamma\Delta t)$ است. بناءً میتوان نوشت:

$$\frac{f}{f_0} = \frac{V_0}{V_0(1+\gamma\Delta t)} = \frac{1}{1+\gamma\Delta t}$$

$$f = \frac{f_0}{1+\gamma\Delta t} \quad \text{.....7}$$

از رابطه فوق نتیجه میشود که کثافت اجسام در اثر حرارت کم میشود.

اگر f و f_0 معلوم باشد قیمت δ از رابطه زیر حساب شده میتواند.

$$f_0 = f(1+\gamma\Delta t)$$

$$\frac{f_0}{f} = 1+\gamma\Delta t \Rightarrow \gamma\Delta t = \frac{f_0}{f} - 1 = \frac{f_0 - f}{f} \qquad \boxed{\gamma = \frac{f_0 - f}{f\,\Delta t}}$$

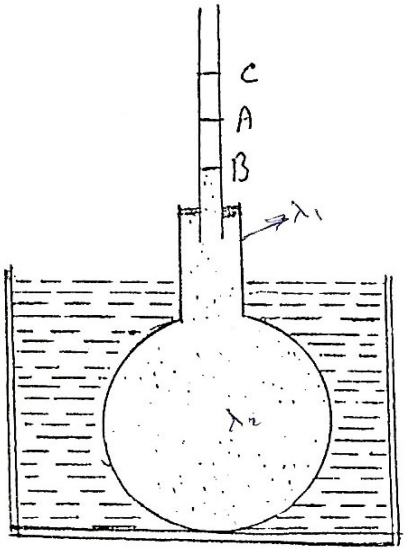
انبساط مایعات:

هرگاه مایعی در یک ظرف شیشه یی کروی شکل (4-3) تا نقطه A انداخته شود و سپس در بین ظرفیکه دارای آب جوش است قرار داده شود مشاهده میشود که مایع اولاً تا نقطه B نزول کرده بعد تا نقطه C صعود میکند. ازین جا چنین نتیجه میشود که در ابتداء ظرف شیشه یی منبسط گردیده مایع به نقطه B پائین آمد بود چون مایع داخل آن هم در اثر حرارت منبسط گردید تا نقطه (C) صعود نمود ازین

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

جا سه حالت را میتوان تصور کرد. اگر ضریب انبساط ظرف (λ_1) بیش از ضریب انبساط مایع λ_2 داخل ظرف باشد. مایع به نقطه B پایین از A خواهد رسید. یعنی $\lambda_1 > \lambda_2$ میباشد.



شکل (3-4)

اگر ضریب انبساط مایع بیش از ضریب انبساط ظرف باشد. درینصورت مایع در نقطه (C) بالای نقطه A قرار میگیرد یعنی $\lambda_2 > \lambda_1$ میباشد. هرگاه ضریب انبساط ظرف و مایع هر دو برابر باشند سطح مایع در ظرف تغییر نمیکند و در همان نقطه A قرار میگیرد یعنی $\lambda_1 = \lambda_2$ بنابراین در مایعات دو نوع انبساط موجود است. یکی انبساط حقیقی و دیگری انبساط ظاهری.

انبساط حقیقی: یک مایع مساویست با حاصل جمع انبساط مایع و ظرفی که در آن قرار دارد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

انبساط ظاهری: عبارت از انبساط است که خود مایع در داخل ظرف مینماید.

ضریب انبساط حقیقی مایعات: مانند جامدات ازدیاد واحد حجم مایع که در اثر تزئید یک درجه حرارت صورت میگیرد. بنام ضریب انبساط مایع یاد میشود. وقتیکه درجه حرارت مایع از درجه t_0 بدرجه t بلند میرود. ازدیاد حجم مایع متناسب به حجم اولی و با ازدیاد درجه حرارت مایع است.

اگر V_0 حجم اول بدرجه t_0 و V حجم آن به درجه t باشد در این صورت:

$$V - V_0 = \Delta V$$

$$t - t_0 = \Delta t$$

نظر به تعریف میتوانیم بنویسیم که:

$$V - V_0 \sim V_0 \Delta t$$

$$V - V_0 = \lambda_r V_0 \Delta t$$

$$\lambda_r = \frac{V - V_0}{V_0 \Delta t} \text{.....9}$$

λ_r را ضریب انبساط حقیقی مایع می نامند. حجم V بدرجه حرارت Δt عبارت است از:

$$V = V_0 + \lambda_r V_0 \Delta t$$

$$V = V_0 (1 + \lambda_r \Delta t) \text{.....10}$$

قبلاً ذکر شد که انبساط حقیقی مایع برابر به مجموع انبساط ظاهری و انبساط حجمی ظرف است پس اگر λ_r ضریب انبساط حقیقی و λ_a ضریب انبساط ظاهری مایع و C' ضریب انبساط حجمی ماده ایکه ظرف از آن ساخته شده باشد درین صورت:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$\lambda_r = \lambda_a + c'$$
$$\lambda_a = \lambda_r - c'$$

مثال: طول یک سیم آهن به صفر درجه سانتی گرید 60cm است اگر سیم مذکور تا $80C^o$ حرارت داده شود. طول آن چند خواهد بود. $\left(\propto = 11.10^{-6} \,/\, C^o\right)$

آب و انبساط غیرطبیعی آن:

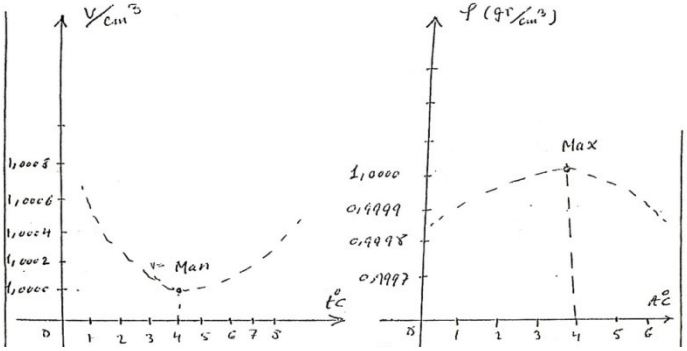
تجربتاً به مشاهده میرسد، آبیکه درجه حرارت آن $4C^o$ باشد. دایماً با تغییر درجه حرارت انبساط مینماید. یعنی آب از $4C^o$ تا $100C^o$ حرارت داده شود حجم آن تزاید میکند و کثافت آن کم میشود، همچنین اگر آب از $4C^o$ صفر درجه سانتی گرید گردد درین صورت نیز حجم آن زیاد و کثافت آن کم میشود. وقتیکه درجه حرارت از صفر پایین تر میرود حجم آن نیز بزرگتر شده میرود به همین جهت است که در زمستان از اثر شدت سرما ظروف پُر از آب یخ بسته باعث شکستن آنها و سبب ترکیدن نل آب و خرابی ریدتر موتر میشود. بنابرآن آب در $4C^o$ کوچکترین حجم و بزرگترین کثافت را دارا است شکل (3-5) گراف حجم و کثافت را به تابع درجه حرارت نشان میدهد.

درزمستان سطح آب یک حوض در اثر شدت سرما یخ می بندد بنابرآن آبی که نزدیک به طبقه یخ قرار دارد. تدریجاًسرد شده کثافت آن زیاد میشود و به طرف پائین حوض فرو میرود این عملیه تا وقتی دوام میکند که درجه حرارت تمام آب

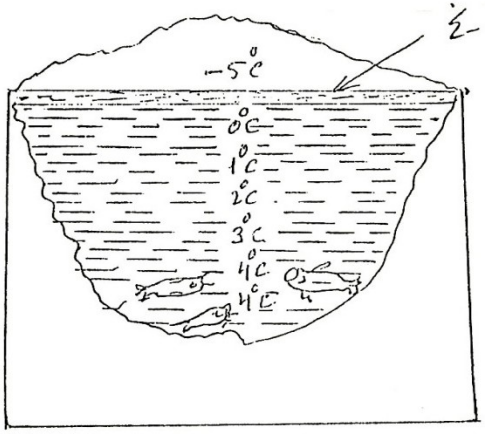
www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

به $4C^o$ برسد. هرگاه طبقه بالای آن بسیار سرد شود حجم آن بزرگ شده و به حیث یک عائق در آنجا باقی می ماند زیرا یخ و آب هادی ضعیف حرارت اند. بنابرآن طبقات پائین بشکل آب بوده و درجه حرارت آن به استثنایی مناطق فوق العاده سرد و همیشه $4C^o$ باقی می ماند بنابرهمین علت است که حیوانات آبی مانند ماهی و غیره در زمستان نیز دربین حوض ها و ابحار حیات بسر می برند.



شکل (3-5)



شکل (3-6)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

سوالات فصل سوم

1- یک ظرف شیشه ای کاملاً از ایتایل الکل پر بوده و حجم ظرف $40cm^3$ است اگر درجه حرارت آن از 15^oc به 25^oc بلند برده شود یک مقدار الکل از ظرف میریزد حجم این الکل چند است؟

(ضریب انبساط حجمی الکل $0,00112 \,/\, ^oc$ و ضریب انبساط حجمی شیشه مساوی است به $0,000027 \,/\, ^oc$)

2- طول یک سیم آهنی به صفر درجهٔ سانتی گرید $60cm$ است اگر سیم مذکور تا 80^oc حرارت داده شود طول آن چند خواهد بود؟

$\left(\propto = 11\times10^{-6} \,/\, ^oc\right)$

3- حجم یک مقدار مایع به 25^oc ، $45cm^3$ است وقتیکه تا 60^oc حرارت داده شود حجم آن به $45,55cm^3$ میرسد ضریب انبساط حرارتی آن مایع را دریافت کنید.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

فصل چهارم

قوانین گازها و انبساط آن

4-1. قوانین گازها:

قانون بایل ماریوت Mariette and Boyde's Law

گازها برخلاف مایعات و جامدات تمام فضایی را که در اختیار دارند اشغال میکنند. مثلاً اگر گاز حرارت داده شود حجم و فشار آن تغییر میکند یعنی در اثر ازدیاد درجه حرارت حجم و فشار گاز تزاید مینماید. ولی اگر درجه حرارت ثابت بماند ازدیاد فشار سبب تغییر حجم میشود.

روابط فشار و حجم بدرجه حرارت ثابت در 1662 میلادی توسط بایل و در 1676 بوسیله ماریوت مستقل است از یکدیگر کشف گردید. ازین جهت آن را گاهی قانون بایل و گاهی قانون بایل و ماریوت می نامند. طبق این قانون«حجم یک گاز در یک درجه حرارت ثابت معکوساً متناسب به فشار آن است». و یا به عباره دیگر حاصل ضرب فشار و حجم کتله یعنی از یک گاز بدرجه حرارت معین ثابت است. یعنی:

$$V \sim \frac{1}{P} \quad or \quad V = \frac{K}{P} \quad or \quad PV = K\left(Cons\tan t\right)$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

الف: تحقیق تجربی قانون بایل: آله ایکه درین تجربه بکار میرود شکل ساده آن عبارت از دونل است. طوریکه انجام بالای نل A مسدوده بوده و بر حسب سانتی مترمکعب مندرج شده است.

و از نل B باز بوده و در انجام دیگر آنها توسط نل رابری باهم وصل شده اند وقتیکه در نل B یک مقدار سیماب انداخته شود یک کتله معین هوا در نل A محبوس میگردد.

هردو نل طور عمودی بروی یک تخته چوبی محکم شده اند و تخته بالای یک پایه آهنی قرار دارد. نل A به یک موقعیت ثابت محکم بوده و نل B طوری است که آزادانه بطرف بالا و پایین حرکت کرده و توسط یک پیچ به موقعیت های مختلف محکم شده میتواند. برای اندازه گیری ارتفاع سیماب در هر دو نل یک خط کش درجه دار دربین آنها بحالت عمودی قرار دارد. شکل (4-1) برای اجرای تجربه اولاً هر دو نل طوری قرار داده شود که سیماب در هر دو نل به عین ارتفاع قرار گیرد. چون در حصه بالای نل A یک مقدار هوا محبوس است. بناءً فشار وارده بالای آن مساوی به فشار اتموسفیر میباشد. اگر فشار اتموسفیر یعنی $P_0 = 61cm - Hg$ بوده و حجم آن $V_0 = 20cm^3$ میباشد لذا $P_0V_0 = 61 \times 20 = 1220cm - Hg.cm^3$ حالا نل B را تا ارتفاع بلند برده میشود که سطح سیماب در نل A به ده cm^3 برسد یعنی حجم هوای محبوس در نل A نصف میگردد درهر صورت دیده میشود که اختلاف ارتفاع سیماب در هر دو نل $h_1 = 61cm$ میباشد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بنابراین $P_1 > P_0$ و $V_1 < V_0$ میباشد.[1]

لذا:

$$P_1 = P_0 + h_1 = 61 + 61 = 122cm - Hg$$
$$V_1 = 10cm^3$$
$$P_1V_1 = 122.10 = 1220cm - Hg.cm^3$$

در مرحله دیگر نل B پائین آورده میشود تا سطح سیماب در نل A به 40 درجه برسد یعنی حجم هوای محبوس در نل A دو چند میگردد درینصورت دیده میشود تا اختلاف ارتفاع سیماب در هر دو نل $h_1 = 31.5cm$ میباشد. بنابراین $P_2 > P_0$ و $V_2 > V_0$ میباشد.

لذا:

$$P_2 = P_0 - h_2 = 61 - 31.5 = 30.5cm - Hg$$
$$V_2 = 40cm^3$$
$$P_2V_2 = 30.5.40 = 1220cm - Hg.cm^3$$

نظر به تجربه فوق بایل به اثبات رسانیده که اگر فشار زیاد شود حجم گاز کم و برعکس اگر فشار کم شود حجم زیاد میشود.

اما حاصل ضرب آنها همیشه ثابت است یعنی:

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_0V_0\left(Cons\tan t\right)$$
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}.....I$$

[1] - بایل – از ایرلند (1627 تا 1691) ماریوت (1620 تا 1684) فرانسوی

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بناءً نسبت فشار گاز بدرجه حرارت ثابت مساوی به نسبت عکس حجم های آنها میباشد در تجربه فوق هرگاه درحالت اول φ_1 کثافت گاز و V_1 حجم آن و در حالت دوم φ_2 کثافت گاز و V_2 حجم آن باشد درینصورت چون کتله m گاز ثابت است لذا نوشته میتوانیم که:

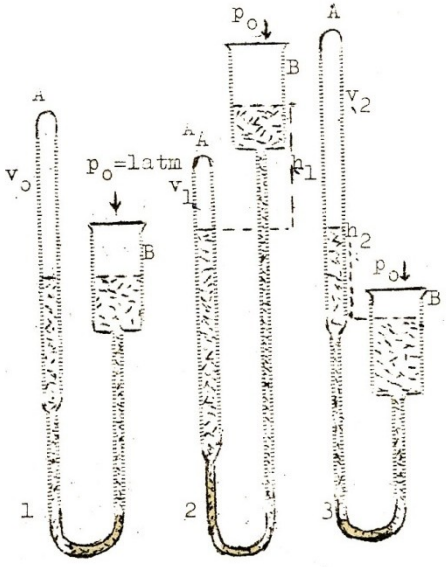
$$\varphi_1 = \frac{m}{V_1}$$

$$\varphi_2 = \frac{m}{V_2} \qquad , \qquad \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{V_2}{V_1} .....II$$

از مقایسه رابطه های 1 و 2 نتیجه میشود که:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2}$$

یعنی بدرجه ثابت کثافت یک گاز متناسب به فشار آن است.



www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

شکل (4-1)

ب: نمایش گرافیک: برای ترسم گراف تحولات فشار P را به تابع حجم V نظر به جدول زیر که تجربتاً دریافت شده است. مدنظر گرفته منحنی آن مانند شکل (4-1) ترسیم شده میتواند.

$$P_0 = 61cm - Hg$$

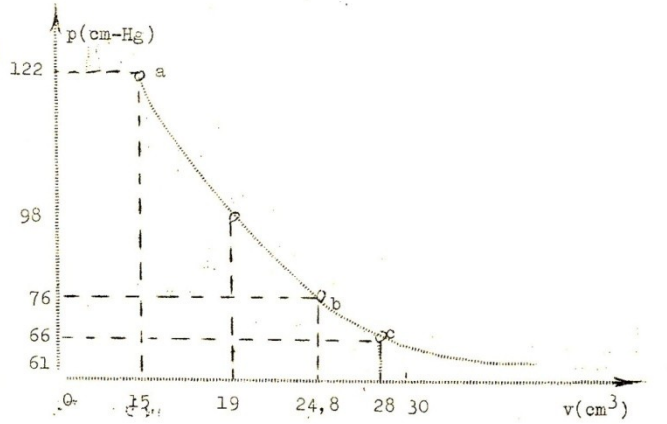
$h(cm)$	$V\left(cm^3\right)$	$(cm-Hg)$ $P = P_0 + h$	$mm - Hgcm^3\ P,V$	$\frac{1}{V}\left(\frac{1}{cm^3}\right)$
0	30	61	1830	$\frac{1}{30} = 0.033$
5	28	66	1848	$\frac{1}{28} = 0.035$
15	$24.8 = 25$	76	1830.08	$\frac{1}{25} = 0.046$
37	19	98	1862	$\frac{1}{19} = 0.052$
61	15	122	1830	$\frac{1}{15} = 0.066$

اگر حجم V را بروی محور x و حاصل ضرب PV را بروی محور Y قرار دهیم چون حاصل ضرب $PV = K$ است درینصورت منحنی آن خط مستقیمی موازی به محور x حاصل میشود قرار شکل (4-2)

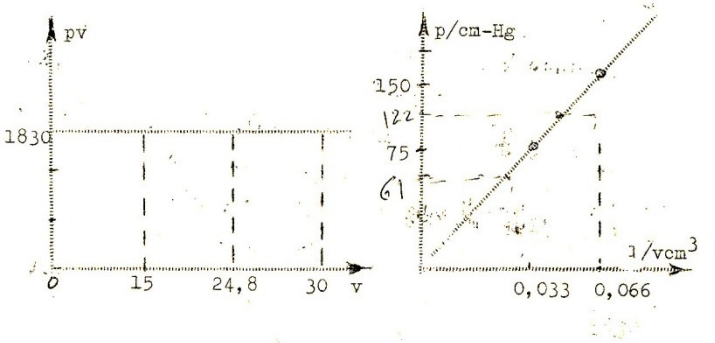
هرگاه ترسیم گراف تحولات P بتابع $\frac{1}{V}$ مطلوب باشد درینصورت گراف آن بشکل یک خط مستقیم حاصل میگردد. شکل (4-2)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (4-2)



شکل (4-3)

2- قانون مخلوط گازها یا قانون دالتن[1]:

اگر یک مخلوط چند گاز موجود باشد که یک حجم معین راتحت درجه حرارت معین اشغال کرده باشند. فشار قسمی«Prtiad pressures» هر یک گاز

[1]- دالتن (1766 - 1844) انگلیسی

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

های مخلوط شده عبارت از فشار است که آن گاز به تنهایی حجم معین را اشغال و درجه حرارت آن مانند درجه حرارت مخلوط باشد. نظر به این قانون فشار مخلوط گازها عبارت از مجموع قسمی گازهای متشکله آن میباشد مثلاً اگر دو نوع گاز که مقدار آنها n_1 و n_2 مول باشد هر یک تحت درجه حرارت ثابت در ظروف به حجم های مساوی انداخته شوند فشار هر کدام آنها P_1 و P_2 میباشند مانند شکل (4-4) در صورتیکه هر دو گاز در ظرف به همان حجم V تحت عین درجه حرارت انداخته شوند فشار آن P میباشد. طوریکه:

$$P = P_1 + P_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

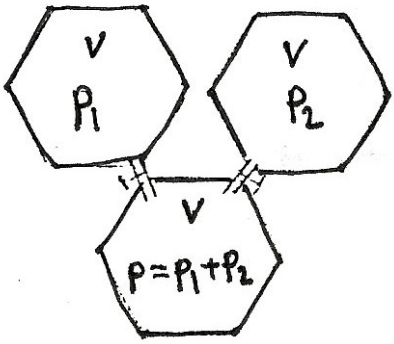
هرگاه گازهای مذکور دارای فشار و حجم های مختلف باشند و به یک درجه حرارت معین باهم مخلوط شوند.

درین صورت فشار مخلوط مساوی است به مجموع فشارهای هر یک از گازها و فشار هرگاز عبارت از فشار است که گاز طبق قانون بایل – ماریوت خواهد داشت در صورتیکه گازها به تنهایی تمام ظرف مخلوط را اشغال کنند. هرگاه گاز اولی که دارای فشار P_1 و حجم V_1 و گاز دومی دارای فشار P_2 و حجم V_2 است. در ظرف به حجم V انداخته شوند. هرگاه به تنهایی تمام فضای V را اشغال می نماید شکل (4-4) نظر به قانون بایل -ماریوت فشار گاز اول به P_1 میرسد طوریکه:

$$P_1 V_1 = P_1' V \quad or \quad P_1' = \frac{P_1 V_1}{V}$$

www.ketabton.com

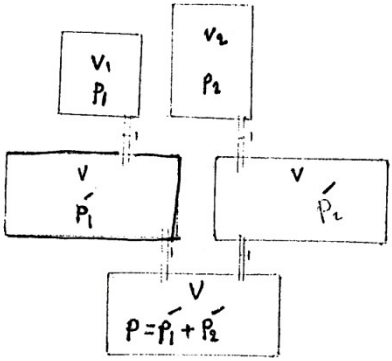
(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (4-4)

همچنین گاز دومی به فشار $P_2^{'}$ میرسد طوریکه:

$$P_2V_2 = P_2^{'}V \quad or \quad P_2^{'} = \frac{P_2V_2}{V}$$



شکل (4-5)

چون هر دو گاز $P_1^{'}$ و $P_2^{'}$ بدرجه حرارت معین دارای حجم های مساوی انـد نظر به رابطه ه(4) نوشته میتوانیم که:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$P = P_1^{'} + P_2^{'}$$

$$P = \frac{P_1 V_1}{V} + \frac{P_2 V_2}{V} = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V}$$

ویا:

$$PV = P_1 V_1 + P_2 V_2 .....(5) \qquad \text{یا} \qquad P = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V}$$

از رابطه فوق قانون دالتن را میتوان به عبارت زیر بیان نمود:

هرگاه چند گاز باهم مخلوط شوند حاصل ضرب فشار در حجم مخلوط مساوی به مجموع حاصل ضرب های فشار در حجم هر یک از گازهای مخلوط شده میباشد.

3- قانون گراهم:«Grahamas daw» میدانیم که اگر در کنج یک اتاق بوتل گاز امونیا گذاشته شود پس از لحظه ای گاز از بین گازهای داخل اتاق به تمام حصص آن منتشر میشود. گراهم در سال 1829 قانونی را در باره اندازه انتشار گاز در بین گاز های دیگر به عبارت ذیل بیان نمود.

سرعت انتشار دو گاز مختلف معکوساً تناسب به جذرالمربع کثافت آنها است یعنی:

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{\varphi_2}{\varphi_1}}$$

V_1 و V_2 سرعت انتشار و φ_1 و φ_2 کثافت گازهای مورد نظر است. از طرف دیگر کثافت گازها مستقیماً تناسب بوزن مالیکول شان است یعنی:

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{M_2}{M_1}$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بنابراین: سرعت $\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$.....(7)

یعنی سرعت انتشار گاز معکوساًتناسب به جذرالمربع وزن مالیکول آنها است.

انبساط گازها:

معمولاً تغییرات فشار تأثیر ناچیزی در حجم جامد و مایع دارد و این ها تقریباً غیرقابل تراکم اند. به همین سبب در بحث انبساط جامدت و مایعات از اثر فشار صرف نظر گردیده ولی درگازها اندکی تغییر فشار باعث تغییر حجم قابل توجهی میگردد و تغییر درجه حرارت هم باعث تغییری حجم و هم سبب تغییر فشار میگردد. یعنی اگر گازی حرارت داده شود فشار آن ثابت باشد حجم آن زیاد میشود. باالعکس اگر حجم ثابت باشد در اثر حرارت فشار آن زیاد میگردد. بنابرآن گازات در دو حالت زیر تحت مطالعه قرار داده میشوند.

انبساط گاز در فشار ثابت:

الف: قانون گیوشاک[1] یا چارلس[2]

برای مطالعه انبساط گازها در فشار ثابت یک مقدار معین گاز بدرجه حرارت صفر و به فشار ثابت P_0 در ظرفی، مانند شکل (4-6) مدنظرگرفته میشود.

ظرف مذکور دارای پستون بوده که در اثر فشار جزئی گاز آزادانه بالا و پائین حرکت کرده میتواند. اگر فشار اتموسفیر P_0 باشد پستون وقتی در حالت

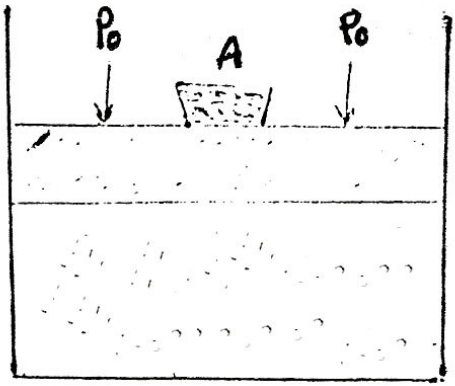
[1] - گیوشاک 1778 – 1850 فرانسوی

[2] - چارلس (1746 – 1823) فرانسوی

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

تعادل قرار میگیرد که فشار P_0 مساوی به فشار گاز داخل ظرف باشد و فرضاً درجه حرارت اولی گاز یعنی $t_0 = 0c^o$ حجم آن V_0 باشد وقتیکه ظرف مذکور تا t درجه حرارت داده شود گاز منبسط گردیده حجم آن کم میشود فشار آن همیشه ثابت و مساوی به P_0 میباشد.

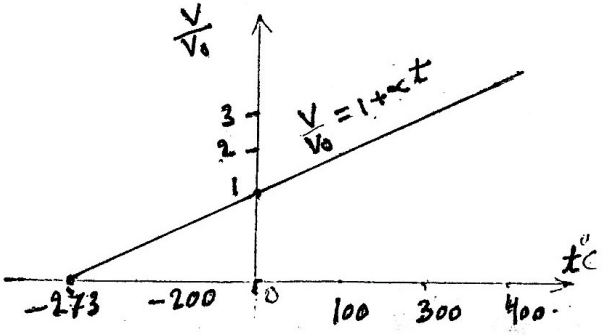


شکل (4-6)

درینصورت ازدیاد حجم آن به t درجه حرارت مساوی به $(V - V_0)$ میشود. مانند جامدات و مایعات ازدیاد حجم گاز، متناسب به حجم اولی و به درجه حرارت است یعنی:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (4-7)

$$V - V_0 \sim V_0 t$$

$$V - V_0 = \propto V_0 t$$

$$V = V_0 (1 + \propto t) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 8$$

$$\frac{V}{V_0} = 1 + \propto t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 9$$

$\propto$ مقدار ثابت است که بنام ضریب انبساط گاز در فشار ثابت یاد میشود و عبارت از ازدیاد حجم یک واحد گاز در فشار ثابت در اثر ازدیاد یک درجه حرارت است یعنی:

$$\propto = \frac{V - V_0}{V_0 t} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

رابطه (9) نشان میدهد که تغییرات حجم گاز که تحت فشار ثابت گرم و منبسط میگردد تابع خطی درجه حرارت بوده و این تغییر حجم به تابع درجه حرارت متناسب به میل خط مذکور است.

www.ketabton.com

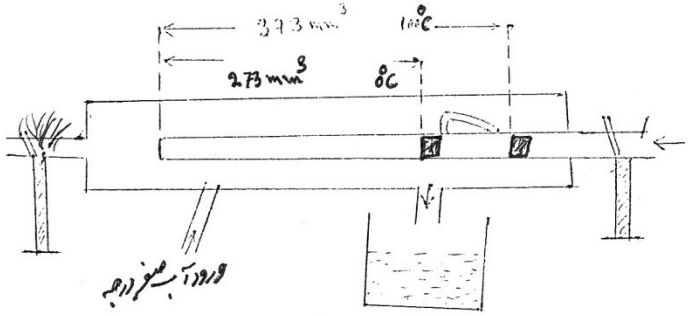
(c) ketabton.com: The Digital Library

(شکل 4-7) $\propto$ میل آن خط گفته میشود که مقدار آن توسط تجربه ذیل دریافت شده میتواند:

نل شیشه یی باریکی را مانند شکل (4-8) که یک انجام آن بسته است در نظر گرفته و با وارد نمودن یک قطره سیماب هوای داخل آن از خارج جدا ساخته میشود. فرضاً مساحت مقطع نل Amm^2 باشد، نل را در استوانه ای قرارداده و از داخل استوانه آب صفر درجه یی عبور داده میشود و حجم هوای داخل نل شیشه یی تعیین میگردد. درینصورت حجم هوا $(273mm^3)$است بعد از آن از داخل استوانه آب جوش صد درجهٔ عبور داده میشود هوای داخل نل منبسط شده و حجم آن مساوی به $373.A$ ملی مترمکعب میشود. درین تجربه دائماً فشار هوای خارج در حال تعادل بوده ثابت میباشد از این جا با درنظرداشت رابطه (10) میتوان نوشت:

$$\propto = \frac{V - V_0}{V_0 t}$$

$$\propto = \frac{373-273}{273.100} = \frac{100}{273.100} = \frac{1}{273C^0} = 0.00366/C^o \quad .....(11)$$



شکل (4-8)

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بناءً گازات در اثر ازدیاد یکدرجه حرارت برابر $\frac{1}{273}$ حجم اولی خود انبساط مینمایند و قیمت $\propto$ در تمام گازات تقریباً ثابت و مساوی به $\propto=\frac{1}{273C^o}$ است.

یعنی گازات در اثر ازدیاد یکدرجه ضرورت برابر به $\frac{1}{273}$ حجم اولی خود انبساط مینمایند.

2- ازدیاد فشار گاز در اثر حرارت با حجم ثابت:

فرضاً حجم گاز ثابت و درجه حرارت تغییر کند. بدین منظور یک مقدار معین گاز به حجم ثابت V_0 در ظرفی مانند شکل (4-10) مدنظر گرفته میشود. مجرای A ظرف مذکور به نانومتر وصل گردیده است که تغییرات فشار گاز داخل ظرف را نظر به فشار اتموسفیر نشان میدهد. اگر فشار گاز داخل ظرف در صفر درجه P_0 و در t درجه P باشد. بین P_0, P و t رابطه زیر برقرار است.

$$P = P_0(1+\beta t).....(12)$$

$$\frac{P}{P_0} = (1+\beta t).....(13)$$

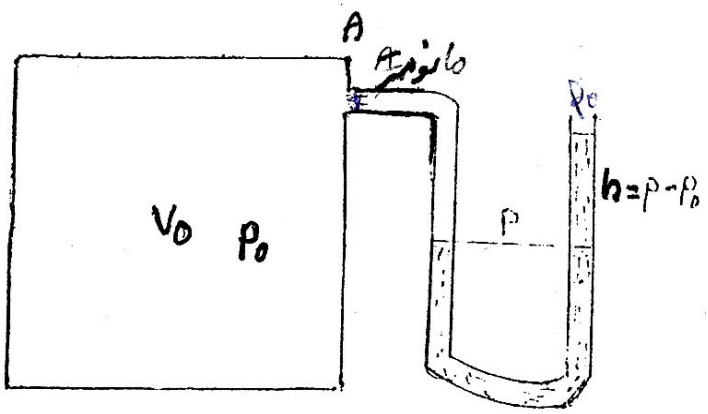
در رابطه فوق β مقداری است ثابت که ضریب ازدیاد فشار گاز با حجم ثابت نامیده میشود و میتوان آنرا تزاید واحد فشار در حجم ثابت در اثر افزایش یک درجه سانتی گرید تعریف کرد یعنی:

$$\beta = \frac{P - P_0}{P_0 t} = \frac{h}{P_0 t}.....(14)$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

رابطه (12) تغییرات فشار را به تابع درجه حرارت در حجم ثابت نشان میدهد و این تغییر فشار تابع خطی درجه حرارت بوده متناسب به میل β آن خط میباشد. شکل (4-9)



شکل (4-9)

مقدار β در تمام گازات مساوی به $\propto$ است. زیرا در حالت اول فشار P_0 ثابت بوده و به درجه حرارت t حجم گاز V گردیده درین حال $P_0V = K$.

در حالت دوم بدرجه حرارت t و حجم V_0 ثابت و فشار مساوی به P میشود. درین صورت $PV_0 = K$ است.

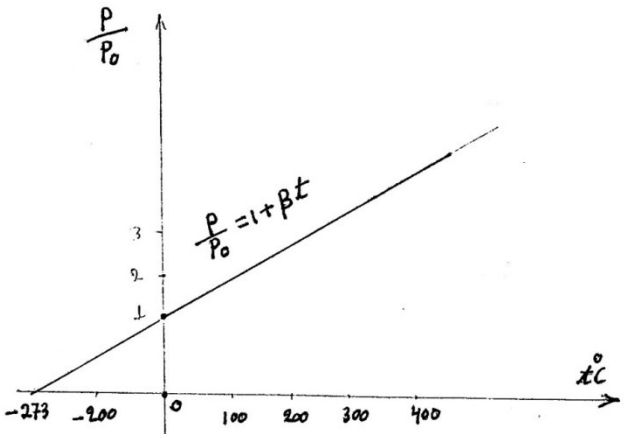
بناءً $P_0V = PV_0$.....15 میشود. قانون بایل – مایوت بادرنظرداشت روابطه (8) ، (12) و (15) نوشته میتوانیم که:

$$P_0V = PV_0$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$1+\propto t)=P_0V_0(1+\beta t) \quad or \quad 1+\propto t=1+\beta t \quad \boxed{\propto=\beta=\frac{1}{273}} \qquad \text{.....16}$$



شکل (4-10)

از تجاب گیلوساک و چارلس نتایج ذیل حاصل میشود.

$a-$ ضریب انبساط $\propto$ و β مربوط به درجه حرارت نمیباشد یعنی بین درجات مختلف قیمت آنها یکسان است.

$b-$ ضریب انبساط $\propto$ و β به تمام گازات مساوی است یعنی برخلاف اجسام جامد، مایع و گاز یکسان انبساط میکنند و قیمت آن مساویست به:

$$\propto=\beta=\frac{1}{273}=0.00366/C^o$$

$c-$ ضریب انبساط $\propto$ و β مربوط به فشار اولی و حجم اولیه نمیباشد یعنی اگر گاز در ابتدأ تحت فشار یک اتموسفیر و یا دارای حجم 5 یا 10 سانتی مترمکعب باشد ضریب انبساط آن همیشه ثابت و یکسان است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

سوالات فصل چهارم

1- حجم نایتروجن تحت فشار ثابت $76cm-Hg$ به 0^oc ، $50cm^3$ است. اگر درجه حرارت آن $27,3^oc$ برسد. حجم گاز مذکور چند خواهد بود؟

2- یک مقدار به 0^oc دارای فشار $76cm-Hg$ است. اگر تا 24^oc حرارت داده شود و حجم آن ثابت باشد مقدار فشار چند خواهد بود؟

3- کثافت یک گاز تحت فشار $76cm-Hg$ ، $\left(0,98\,{mg}/{cm^3}\right)$ است. اگر فشار به $85cm$ تزاید کند. فشار گاز چند خواهد بود؟

4- در یک بالون $300cm^3$ هوا فشار $80cm-Hg$ موجود است. اگر درجه حرارت ثابت نگهداشته شود و فشار به $60cm-Hg$ تقلیل یابد تغییر حجم را در بالون دریافت کنید.

www.ketabton.com

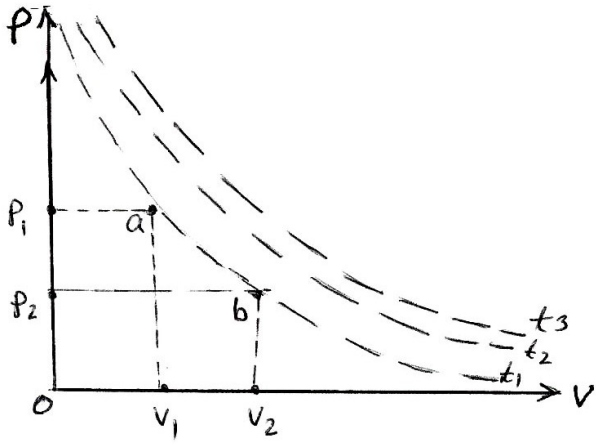
(c) ketabton.com: The Digital Library

فصل پنجم

گازهای کامل و گازهای حقیقی

5-1. گازهای کامل یا خیالی:

گازاتی اند که قوانین بایل و ماریوت درباره آنها کاملاً صدق میکند وجود خارجی ندارند و گازاتیکه قوانین مذکور درباره آنها صدق نمیکند. گازات حقیقی نامیده میشوند. این گازات تحت فشار خیلی کم قوانین بایل ماریوت را صدق میکنند و اگر فشار زیاد شود قانون مذکور تعقیب نمیگردد زیرا بعضی شان به مایع تبدیل میشود. و هر قدر درجه حرارت بالا برود به گازات کامل نزدیک میشوند.



www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

شکل (5-1)

قانون بایل را درباره یک گاز کامل نشان میدهد. طوریکه $PV = K$ بوده منحنی های مرسوم تغییر فشار را به تابع حجم بدرجه حرارت $t_3 > t_2 > t_1$ نشان میدهد. بدرجه حرارت t_1 بدوحالت مختلف گاز قانون بایل یعنی $P_1V_1 = P_2V_2$ نیز صدق میکند. چنانچه مستطیل های مربوطه نشان میدهد که مساحت آنها باهم مساوی است علاوتاً هر منحنی نشان میدهد که درجه حرارت«Isothermal» می نامند.

معادله مشخصه گازات کامل: ساده ترین معادله ای که میتوان توسط آن حالت یک جسم را مشخص نمود معادله گازات کامل است و این معادله از مجموعه قوانین بایل ماریوت و گیلوساک حاصل شده است.

که در آن یکعده متغییرهای مستقل مانند«P.V.T» شامل است. برای پیدا کردن رابطه بین این سه متغییر مشخص گازی را در نظر می گیریم. شکل (5-1)

فرضاً در صفر درجه سانتی گرید آن V_0 و فشارآن P_0 باشد. هرگاه در فشار ثابت P_0 حرارت آن زیاد شود و به t درجه سانتی گرید رسانیده شود. درینصورت حجم آن مساوی به Vt میشود. بنابر قانون گلیوشاک میتوان نوشت.

$$Vt = V_0\left(1+ \propto t\right).....1$$

در مرحله دوم اگر درجه حرارت ثابت نگهداشته شود و حجم به V برسد فشار P میشود. در این صورت بنابر قانون بایل – ماریوت نوشته شده میتواند.

$$PV = P_0Vt.....2$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

از مقایسه روابطه 1 و 2 میتوان نوشت:

$$PV = P_0V_0\left(1+\propto t\right).....3$$

و یا:

$$\frac{PV}{1+\propto t} = P_0V_0 = K$$

رابطه 3 را بنام معادله مشخصه گازات کامل می نامند. و بشکل ذیل نیز میتوان نوشت.

$$PV = P_0V_0 \propto \left(\frac{1}{\propto}+t\right)$$

چون $\frac{1}{\propto} = 273$ است لذا:

$$PV = P_0V_0 \propto \left(273+t\right)$$

و از طرفی دیگر میدانیم که درجه حرارت مطلقه یعنی: $T = 273+t$

بناءً

$$PV = P_0V_0 \propto T$$

هرگاه یک مول گاز را مدنظر گرفته $P_0V_0 \propto= R$ وضع شود درینصورت :

$$PV = RT.....4$$

در رابطه فوق R بنام ثابت گازات یاد میشود. و اگر nمول گاز مدنظر گرفته شود. درینصورت

$$PV = nRT.....5$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

چون تعداد مالیکول گرام گاز (n) مساوی به کتله همان گاز (m) بر کتله مالیکول آن (M) است یعنی:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$PV = \frac{m}{M} RT \text{.....6}$$

برای تعیین مقدار ثابت گازات یعنی R و یک مالیکول گرام گاز را مدنظر گرفته بنا بر قانون اوگدرو«Avogadro» یک مالیکول گرام یک گاز تحت شرایط عادی یا متعارفی« $t = 0c^o$ و... $P = 76mm - Hg$» دارای حجم معین و مساوی به $(22.4lit)$ میباشد که آنرا بنام حجم مالیکولی آن یاد میکنند و به عباره دیگر هر مالیکول گرام یک گاز در فشار یک اتموسفیر و صفر درجه سانتی گراد دارای حجمی مساوی به $(22400cm^3)$ میباشد.

و قیمت R در سیستم C.G.S چنین حاصل میشود:

$$P = 10atm = 13.6 \, gr/cm^3 .76.cm - Hg.981 \, cm/\sec^2$$

$$P = 1.01.10^6 \, dyne/cm^2$$

پس:

$$R = \frac{PV}{T} = 8.31.10^7 \, erg/dag .mole$$

و یا به طریقه دیگر: $R = \frac{PV}{T} = 0.084 \ \frac{lit.atm}{K^o.mole}$

هرگاه فورمول $PV = RT$ برای دو حالت مختلف در نظر گرفته شود. درینصورت:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$P_1V_1 = RT_1 \quad , \quad R = \frac{P_1V_1}{T_1}$$

$$P_2V_2 = RT_2 \quad , \quad R = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

پس:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \text{.....7}$$

اگر در رابطه $V = V_0(1+\propto t)$ و $t = P_0(1+\propto t)$ بجای $\propto$ و β مقدار $\frac{1}{273}$ قرارداده شود و درجه حرارت آنها به درجه کلورین (T) مبدل گردد. درینصورت:

$$V = V_0(1+\propto t) = \frac{V_0}{273}.T$$

$$V = V_0 \propto T \text{.....8}$$

همچنین

$$P = P_0(1+\beta t) = \frac{P_0}{273}.T$$

$$P = P_0\beta T \text{.....9}$$

هرگاه حجم های یک گاز در فشار ثابت بدرجات حرارت مطلق T_1 و T_2 مساوی به V_1 و V_2 باشد. نظر به رابطه 8 میتوان نوشت:

$$V_1 = V_0 \propto T_1$$

$$V_2 = V_0 \propto T_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{.....9}$$

یعنی اگر فشار ثابت باشد حجم با درجه حرارت مطلقه تناسب است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

همچنان اگر در حجم ثابت فشار گازی بـدرجات T_1 و T_2 مسـاوی بـه P_1 و P_2 باشد نظر به رابطه IX میتوان نوشت:

$$P_1 = P_0\beta T_1$$
$$P_2 = P_0\beta T_2$$
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{.....10}$$

اگر حجم ثابت باشد. فشار بدرجه حرارت مطلقه متناسب است.

قبلاًذکر شد که درجه حرارت مطلقه یعنی: $T = 273 + t$ است. اگـر $T = 0$ شود درینصورت $t = -273$ میگردد که عبارت از صفر مطلقه است.

باید دانست که به این درجه حرارت نمیتوان رسید زیرا نظر به رابطه:

$$V = V_0\left(1 + \propto t\right)$$

اگر $t = -273$ $V = 0$ میگردد. یعنی حجم گاز صفر میشـود. چـون ممکـن نیست حجمی جسمی صفر شود بناءً رسیدن به نقطه صفر مطلق نیز محال است.

مثال: در یـک ظـرف $100cm^3$ گـاز (H) بـه فشـار $73cm - Hg$ و بدرجـه حرارت $24C^o$ وارد میشود. هرگاه فشار آن $76cm - Hg$ تزایـد و درجـه حـرارت آن به صفر درجه سانتی گراد تنقیص یابد حجم آن گاز را دریافت نمایید.

مثـــال: در یـــک ظـــرف $7.075.10^4 cm^3$ آکســـیجن بـــه فشـــار $3.20.10^7 \, dyne/cm^2$ گنجانیده شده اسـت. اگردرجـه حـرارت $27C^o$ باشـد کتلـه آکسیجن را دریافت کنید.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

مثال: در بین ظرفی $500cm^3$ هوا به فشار $76cm-Hg$ و بدرجه حرارت $0C^o$ موجود است. اگر فشار آن ثابت باشد. به کدام درجه حرارت حجم آن مساوی $1500cm^3$ میشود.

5-2. نظریه حرکی گازها:

گازات بعضی خواص دارند که در مایعات و جامدات موجود نیست بیشتر دارای شکل معین و حجمی مشخص نمیباشند بلکه در هر فضایی که وارد شوند منتشر میگردند. و تمام آن فضا را اشغال مینمایند و ضریب انبساط حجمی آنها در تمام گازها یکسان است در حالیکه در مایعات و جامدات چنین نمی باشد.

گازات از ذرات بسیار کوچک و متعدد تشکیل شده اند که به تمام جهات حرکت نموده و وقتیکه به ذرات کوچک دیگر تصادم می نمایند. تصادم شان ارتجاعی میباشد. تصادم این ذرات کوچک به سطح ظرف باعث تولید فشار گاز میگردد و هم ازدیاد حرارت سبب حرکت سریع این ذرات میگردد که اگر حجم آن ثابت نگهداشته شود فشار آن زیاد میشود. هرگاه این ذرات به یک حجم خوردتر گنجانیده شود. مقدار تصادم این ذرات به سطح ظرف بیشتر گردیده، باعث ازدیاد فشار میگردد. این ذرات عبارت از مالیکول های گازات میباشند. درین جا

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

گازهای مدنظرگرفته میشود که گاز کامل«Ideal» باشد و با قبول فرضیه های ذیل فشار متوسط این نوع گازها را میتوان دریافت کرد.

a–مالیکول های این گازها بصورت پراگنده و سریع حرکت میکنند.

b– این مالیکول ها آنقدر کوچک اند که حجم شان نسبت به حجم گاز غیرقابل اندازه میباشد.

c– مالیکولها یک دیگر را جذب نمیکنند و هر کدام مستقل میباشند.«قوه مالیکول بین شان موجودنیست».

d– تصادم بین مالیکولها و سطوح ظرف ارتجاعی است.

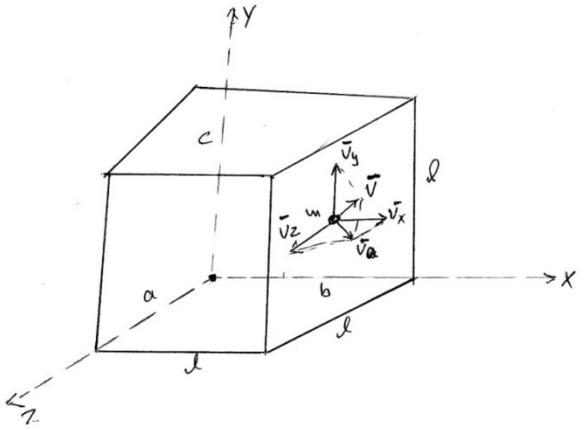
e– بین تصادمات حرکت مالیکول ها مستقیم الخط است.

f – زمان تصادمات در برابر زمان حرکت بین تصادمات خیلی کوچک است.

برای محاسبه فشار متوسط گاز یک ظرفی بشکل مکعب که طول هرضلع آن d سانتی متر است. مدنظرگرفته شده است. فرضاً در بین آن مکعب N مالیکول بوده که کتله هر یکی آن m گرام باشد. و حرکت آنها به تمام جهات ظرف یکسان بوده و تأثیر تصادم آنهادر سطوح ظرف مساوی باشد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (2-5)

هرگاه V سرعت متوسط هر مالیکول باشد میتوان آنرا به مرکبه های موازی به محورهای x, z و y تجزیه کرد. درینصورت بین آنها رابطه ذیل برقراراست.

$$\overline{V}^2 = \overline{V}_a^2 + \overline{V}_y^2$$

$$\overline{V}_a^2 = \overline{V}_x^2 + \overline{V}_z^2$$

$$\overline{V}^2 = \overline{V}_x^2 + \overline{V}_y^2 + \overline{V}_z^2 \quad \text{.....11}$$

چنین حرکت گاز در هر حصه ظرف یکسان است. بنابرآن مربع سرعت متوسط مرکبه های به هراستقامت مساوی است یعنی:

$$\overline{V}_x^2 = \overline{V}_z^2 = \overline{V}_y^2$$

$$\overline{V}^2 = 3\overline{V}_x^2 \quad \text{.....13}$$

وقتیکه یک مالیکول به کتله m از سطح A بطرف سطح B با سرعت متوسط $\overline{V}x$ به امتداد محور x حرکت کند مومنتم آن $m\overline{V}x$ است وقتی به سطح

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

B تصادم نماید سرعت آن $(-\bar{V}x)$ میشود و مومنتم آن $(-m\bar{V}x)$ میگردد. بنابرآن تغییر مومنتم آن:

$$\Delta m\bar{V}x = m\bar{V}x - (-m\bar{V}x) = 2m\bar{V}x$$

برای اینکه این مالیکول از سطح A به B و از B به A برسد باید فاصله $(2l)$ را طی نماید. بناءً زمان مربوطه باین فاصله یعنی:

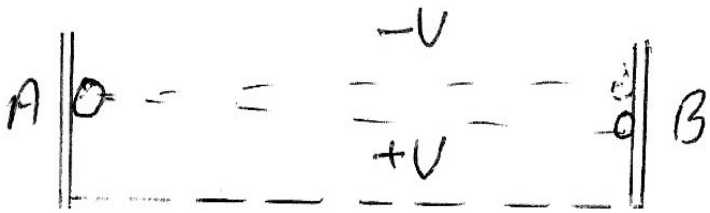
$$\Delta t = \frac{2l}{\bar{V}x}$$

چون در زمان Δt ثانیه بسطح B یک مرتبه تصادم صورت میگیرد که مساوی است به:

$\frac{2l}{\bar{V}x}$ لذا در یک ثانیه تعداد تصادمات مساوی است به:

$$\frac{\bar{V}x}{2l}$$

از طرف دیگر بنا بر قانون نیوتن قوه مؤثر مساویست به تغییر مومنتم در یک ثانیه. پس قوه وارده متوسط به سطح A یا سطح B در اثر تصادم یک مالیکول m عبارت است از:



www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

شکل (3-5)

$$\bar{F} = \frac{m\bar{V}_x^2}{l}$$

$$\bar{F} = m\bar{a}$$

زیرا

$$a = \frac{\bar{V}x_2 - \bar{V}x_1}{t_2 - t_1}$$

$$\bar{F} = \frac{m\bar{V}x - \left(m\bar{V}x\right)}{t_2 - t_1} = \frac{2m\bar{V}x}{t}$$

$$\bar{F} = \frac{2m\bar{V}x}{2l} = \frac{m\bar{V}x^2}{l}$$

چون $\bar{V}_x^2 = \frac{\bar{V}^2}{3}$ است یعنی $\frac{1}{3}$ حصه مالیکول ها با امتداد محور x حرکت میکنند. بناءً مجموع قوه وارده متوسط عبارت است از:

$$\sum F' = \frac{m\bar{V}^2}{3l}$$

چون فشار عبارت از قوه فی واحد سطح است یعنی:

$$P = \frac{F}{S}$$

و $S = l^2$ است و هم فشار متوسط به یک سطح ظرف بامتداد محور x عبارت است از:

$$P = \frac{\Sigma F}{S} = \frac{m\bar{V}^2}{3l} \cdot \frac{1}{l^2} = \frac{m\bar{V}^2}{3l^3}$$

حالانکه l^3 عبارت از حجم مکعب میباشد لذا:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$P = \frac{m\bar{V}^2}{3V}$$

فشاریکه ذریعه N مالیکول به یک سطح ظرف عاید میگـردد عبـارت اسـت از:

$$P = \frac{Nm\bar{V}^2}{3V} \text{.....15}$$

اگر در رابطه (15) بعوض $Nm = M$ وضع شود درینصورت:

$$P = \frac{M\bar{V}^2}{3V} \text{.....16}$$

P مقدار فشار است که برای یک سطح ظرف محاسبه شده اسـت بـه همـین طریق فشار در دیگر سطوح نیز محاسبه شده میتواند.

نتایج نظریات حرکی گازها

با درنظرداشت نظریه حرکی گازها میتوان قوانین ذیل را به اثبات رسانید.

1-اثبات قانون بایل: اگر اطراف معادله (16) به V ضرب شود. درینصورت:

$$PV = \frac{M\bar{V}^2}{3} \quad or \quad PV = \frac{2}{3}\left(\frac{1}{2}M\bar{V}^2\right) \text{.....(17)}$$

چون حرارت عبارت از انرژی حرکی مالیکول ها اسـت. اگـر حـرارت یـک گاز ثابت باشد $\frac{1}{2}M\bar{V}^2$ که مقدار انرژی حرکی مالیکول ها است نیز ثابت میباشـد. چون طرف راست رابطه (17) ثابت است. بنابراین:

$$PV = Ct$$

که این رابطه عبارت از قانون بایل ماریوت است:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

2- رابطه درجه حرارت مطلقه و انرژی حرکی: چون فورمول عمومی گازهای تام عبارت است از:

$$PV = RT$$

$$PV = \frac{M\bar{V}^2}{3} = \frac{Nm\bar{V}^2}{3} = RT$$

از طرف دیگر

$$\frac{m\bar{V}^2}{3} = \frac{R}{N}.T$$

اگر اطراف مساوات فوق ضرب $\frac{3}{2}$ شود درینصورت:

$$\frac{m\bar{V}^2}{2} = \frac{3}{2}\frac{R}{N}T \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (18)$$

نسبت $\frac{R}{N}$ ثابت میباشد که بنام ثابت«Bodtzann» یاد میشود و بحرف K نشان داده میشود یعنی:

$$K = \frac{R}{N}$$

درین حال رابطه (18) شکل ذیل را بخود میگیرد:

$$\frac{m\bar{V}^2}{2} = \frac{3}{2}KT \qquad or \qquad E_K = \frac{3}{2}KT$$

$$T = \frac{2}{3K}E_K \qquad or \qquad T = \frac{2}{3K}.E_K \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (19)$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

رابطه فوق نشان میدهد که درجه حرارت مطلقه تناسب به انرژی حرکی توسط مالیکولها است. قیمت K در سیستم C.G.S چنین حاصل میشود. $\frac{\text{مالیکول}}{\text{مول}}$

$K = \frac{R}{N}$ بوده بناءً $N = N_0 = 6.02.10^{23}$ است. وهمچنین

$$K = \frac{8,31.10^{7}\ erg/mole.K^{o}}{6,02.10^{23}\ molecules/mole} = 1,38.10^{-16}\ erg/molecules.K^{o}$$

$$k = 1,38.10^{16}\ erg/molecules.K^{o}$$

سرعت مالیکول و قانون چارلس:

الف: فرضاً فشار P و کتله Nm یک گاز ثابت باشد تغییر حجم آنرا نظر به سرعت مالیکول با درنظرداشت رابطه (15) میتوان نوشت:

$$PV_1 = \frac{Nm\bar{V}_1^2}{3} \qquad PV_2 = \frac{Nm\bar{V}_2^2}{3}$$

از تقسیم کردن دو رابطه چنین حاصل میشود:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\bar{V}_1^2}{\bar{V}_2^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (20)$$

از رابطه فوق نتیجه میشود که حجم یک گاز تحت فشار ثابت مستقیماًتناسب به مربع سرعت متوسط مالیکول های آن است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

ب: با در نظر داشت معادله (19) میتوان گفت که درجه حرارت مطلقه تناسب به مربع سرعت مالیکول گاز است یعنی:

$$\frac{m\bar{V}_1^2}{2} = \frac{3}{2}KT_1$$

$$\frac{m\bar{V}_2^2}{2} = \frac{3}{2}KT_2$$

$$\frac{\bar{V}_1^2}{\bar{V}_2^2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{.....(21)}$$

با در نظرداشت روابط 20 و 21 میتوان نوشت:

$$\frac{\bar{V}_1^2}{\bar{V}_2^2} = \frac{T_1}{T_2}$$

رابطه فوق عبارت از قانون چارلس است. یعنی حجم گاز مستقیماً تناسب بدرجه حرارت مطلقه است.

مثال: دربین ظرفی 10 گرام گاز امونیا (NH_3) بدرجه حرارت $20C^o$ موجود است در صورتیکه وزن مالیکول امونیا $17,03^{gr}/_{mole}$ باشد مقدار انرژی حرکی مالیکول های آنرا دریافت نمایید.

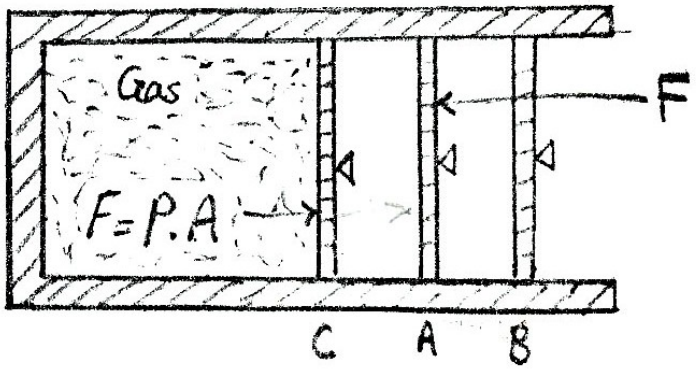
5-3. گازات حقیقی Real Gases:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

این گازها از گاز خیالی فرق دارند مسئله مالیکول ها این گازها دارای حجم معین بوده و قانون بایل را تعقیب مینمایند اگر فشار زیاد شود به مایع تبدیل می شوند.

در بحث نظریه حرکی گازها فرضیاتی درباره مالیکول های گاز بعمل آمده فرضیه های مذکور تنها درباره گاز هایدروجن و هیلوم دردرجات معمولی و فشار تا اندازه پیش بینی های نظری موافق است. و برای گازهای دیگر مربوط به درجهٔ حرارت وفشار میباشد مثلاً حجم مالیکولی در برابر حجم اشغالی گاز بسیار کوچک و ناچیز فرض شده بود و از قوهٔ جاذبه بین مالیکولها صرف نظر شده بود، اینها و فرضیات دیگری در عمل قابل تطبیق نیست. حتی قانون بایل هم تقریبی است، اما اماگات[1] (Amagat) اولین شخصی بود که با تجارب متعدد این موضوع را نشان داد و معلوم نمود که باید در نظرداشت حجم مالیکولها و قوهٔ جاذبه بین آنها چنین تغییراتی رخ خواهد داد.



[1] - اماگات (1841 تا 1915) فزیک دان فرانسوی

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

شکل (4-5)

اگر مالیکول ها نزدیک هم قرار گیرند قوۀ جاذبه موثر بوده و مالیکولهای باهم جذب میشوند و در نتیجه فشار زیاد میشود در فشار کم حجم زیاد و مالیکولها از یک دیگر دور شده در نتیجه قوۀ بین مالیکولها بسیار کوچک میباشد.

همچنین بدرجۀ حرارت زیاد با وجود تزاید فشار قوه بین مالیکولها نمیباشد زیرا تصادمات سریع انجام میگیرد. در حالیکه درجه حرارت پایین و فشار در حال تزاید باشد. درینصورت حجم تنقیص یافته قوه بین مالیکول ها موثرتر میشود تا جاییکه باعث جذب مالیکولها گردیده و گاز متراکم میشود وقتی حجم به اندازه کافی موثر کم گردد حجم خود مالیکولها مقداری از فضای آزاد بین آنها را میگیرد و در نتیجه تعداد تصادمات بیشتر و فشار بالاتر میرود. این تغییرات عملی از پیش بینی های نظری قانون بایل موجودیت قوه بین مالیکولها را واضح میسازد. بناءً گازهای حقیقی قوانین گازهای خیالی (Ideal) را بصورت دقیق تعقیب نمیکند. در فشار زیاد و درجه حرارت کم قوۀ جاذبه به بین مالیکولها (درگازهای حقیقی) نقش عمده دارد و باعث تغییر آن از قوانین گاز کامل میشود در همین حالت است که گاز حقیقی در فشار و درجۀ حرارت معین خواص حرکی گازی خود را از دست میدهد و بحالت های دیگری مانند مایع و جامد تبدیل میشود.

بناءًمعادله گازهای کامل یا خیالی در هر شرایط دلخواه وضع حالت گاز را نمیتواند مشخص نماید به این سبب اکثراً ترجیح میدهندکه معادله حالت گازهای حقیقی را در شرایط عمل از روی معلومات تجربی بدست آرند که آنها را معادلات

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

تجربی مینامند ازبین آنها معادله واندروالس Vander Waals بیشتر موارد استعمال دارد.

معادله واندروالس[1] Vander waals equation:

چون در اثر فشار مالیکول های گاز ها بهم نزدیک میشود لذا تنقیص حجم گاز مربوط به نسبت تناقص حجم فضای بین مالیکولهای میباشد اگر حجم مالیکول ها b و حجم گاز v باشد حجم فضای بین مالیکول ها $v-b$ میباشد. بنابراین در معادله گازهای کامل باید v-b بعوض v نوشته شود چون بین مالیکول ها یک قوۀ جاذبه موجود است. بناءً این قوه مانند فشار خارجی مالیکولها را بهم نزدیک میسازد و بنام قوۀ واندروالس یاد میشود، این قوه معکوساًمتناسب به مربع حجم گاز یا مساوی به $\frac{a}{v^2}$ است a عدد ثابت بوده و برای گاز مختلف میباشد.

اگر در معادله $PV=RT$ بعوض P در رابطه $P+\frac{a}{v^2}$ نوشته شود واندروالس برای مالیکول گرام گاز به شکل ذیل حاصل میشود:

$$\left(P+\frac{a}{v^2}\right)(v-b)=RT.....(23)$$

اگر حجم n مالیکول گرام گاز V باشد حجم مالیکول گرام مساوی به $\frac{v}{n}$ میباشد اگر بعوض حجم گاز در رابطۀ (23) $\frac{v}{n}$ نوشته شود درینصورت:

[1] - واندروالس (1837 تا 1923) فزیک دان هالندی

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$\left(P+\frac{a}{v^2/n^2}\right)\left(\frac{v}{n}-b\right)=RT$$

اگر طرفین این معالده به n ضرب شود، معادلۀ واندروالس به n مالیکول گرام گاز حاصل میگردد:

واضح است که اگر $n=1$ باشد معادله فوق بشکل رابطه 23 تبدیل میشود.

$$\left(P+\frac{a}{v^2/n^2}\right)(v-nb)=nRT.....24$$

5-4. حرارت مخصوصه گازها:

هرگاه یک مقدار گاز در بین ظرف وارد و حرارت داده شود حجم و فشار آن تغییر میکند. مثلاًیک مقدار گاز در یک استوانه یی مانند شکل (5-3) وارد شده باشد، طوریکه پستون در اثر قوۀ کوچک آزادانه بطرف راست و چپ حرکت کرده میتواند وقتی گاز تحت فشار ثابت حرارت داده شود گاز انبساط مینماید و مالیکول های گاز به جدار ظرف فشار وارد میکند که در نتیجه پستون از موقعیت A حرکت کرده و به موقعیت B میرسد درینصورت گفته میشود یک مقدار حرارت برای گرم کردن n مول گاز و یک مقدار آن برای انجام کاز میخانیکی به مصرف رسیده است که این کار را بنام کار خارجی (External Work) یاد میکنند و میتوان جملات مذکور را توسط رابطۀ ذیل ارائه کرد:

$$Q=n\Delta U+W.....(25)$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

مقدار حرارت داده شده به گاز = افزایش انرژی حرارتی + کارخارجی توسط گاز

هرگاه پستون از موقعیت A حرکت کرده به موقعیت C برسد در اینحال کار خارجی بالای گاز صورت میگیرد. اگر گاز حرارت داده شود و حجم ثابت باشد درینصورت پستون حرکت نمیکند و گاز کار خارجی انجام نمیدهد بلکه مقدار حرارت داده شده به گاز برای افزایش انرژی حرارتی آن بمصرف میرسد بنابراین در مورد گازها دو نوع حرارت مخصوصه مدنظر گرفته میشود یکی حرارت مخصوصه در حجم ثابت C_v و دیگری حرارت مخصوص فشار ثابت C_p.

الف: حرارت مخصوصه در حجم ثابت (C_v):

طوریکه ذکر شد هرگاه یک مقدار گاز در بین یک ظرف به حجم ثابت حرارت داده شود تمام حرارت به تزئید انرژی حرارتی گاز بمصرف میرسد و کار خارجی صورت نمیگیرد بناءً حرارت مخصوصه را چنین تعریف کرده میتوانیم:

حرارت مخصوصه به حجم ثابت عبارت از مقدار حرارت است که یک مول گاز میگیرد تا آنکه درجهٔ حرارت آن با اندازه یک درجه افزایش یابد و آنرا به C_V نشان میدهد هرگاه n مول گاز به حجم ثابت مدنظر گرفته شود مقدار حرارتی که به n مول گاز بکار میرود تا درجه حرارت آن از T_1 به T_2درجه بالا برود. عبارت است از:

$$Q = nC_v\left(T_2 - T_1\right).....(26)$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

چون مقدار حرارت Q برای افزایش انرژی حرارتی n مول گاز بمصرف میرسد. بناءً افزایش انرژی حرارتی برای یک مول گاز عبارت است از: $\frac{Q}{n}$

هرگاه انرژی حرارتی برای یک مول گاز به ΔU نشان داده شود درینصورت:

$$\Delta U = \frac{Q}{n}$$

$$Q = n\Delta U \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (27)$$

از مقایسه روابط (26 و 27) میتوان نوشت:

$$n\Delta U = nC_V (T_2 - T_1) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (28)$$

$$or \qquad \Delta U = C_V \Delta T$$

$$C_V = \frac{\Delta U}{\Delta T}$$

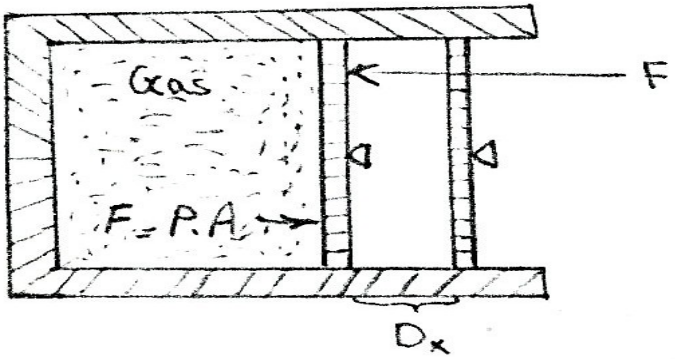
ب: حرارت مخصوصه در فشار ثابت (C_P):

هرگاه یک مقدار گاز به فشار P در یک استوانه مانند شکل (4-5) وارد شود این گاز یک قوهٔ $F = PA$ بالای پستون وارد میکند A عبارت از مساحت سطح پستون است. فرضاً پستون بدون اصطکاک بوده و توسط یک قوهٔ خارجی F در حالت تعادل باشد، هرگاه پستون به یک فاصله کوچک dx بطرف راست حرکت کند، کاری که توسط گاز بالای پستون صورت میگیرد مساویست به:

$$dw = Fdx = PAdx \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (29)$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (5-5)

لیکن Adx عبارت از افزایش حجم گاز است، وقتیکه پستون به مساحت A بفاصله dx بطرف راست حرکت کند. بنابراین:

$$Adx = dv \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (30)$$

با مقایسه روابط (29 و 30) میتوان نوشت:

$$dw = Pdv \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (31)$$

رابطه فوق مقدار کاری را نشان میدهد که یک گاز به فشار P حجمش به اندازه dv تزاید نماید.

هرگاه حجم یک مقدار گاز از V_1 به V_2 تزاید نماید کار خارجی ایکه توسط گاز انجام میگیرد.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} (PdV)$$

در رابطه فوق فشار P ثابت است و کار مجموعی W که در اثر تغییر حجم $v_2 - v_1$ انجام داده میشود عبارت است از:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$w = p(v_2 - v_1).....(32)$$

هرگاه در استوانه n مول گاز باشد حجم آن بدرجه حرارت T_1 وبه فشار ثابت P عبارت است از:

$$V_1 = \frac{nRT_1}{P} \qquad V_2 = \frac{nRT_2}{P}$$

بعد از تفریق نمودن روابطه فوق میتوان نوشت:

$$V_2 - V_1 = \frac{nR}{P}(T_2 - T_1)$$

$$P(V_2 - V_1) = nR(T_2 - T_1).....(33)$$

از مقایسه روابط (32 و 33) چنین حاصل میشود:

$$W = nR(T_2 - T_1).....(34)$$

هرگاه قیمت های $n\Delta U$ و W از روابط (28 و 34) به رابطه 25 وضع شوند حرارت مجموعی که به گاز داده شده است حاصل میشود:

$$Q = nC_v(T_2 - T_1) + nR(T_2 - T_1)$$

$$or \qquad Q = n(C_v + R)(T_2 - T_1).....(35)$$

حرارت مخصوصه گاز به فشار ثابت که به C_P نشان داده میشود، چنین تعریف میشود:

حرارت مخصوصه به فشار ثابت عبارت از مقدار حرارتی است که یک مول گاز میگیرد تا با فشار ثابت درجهٔ حرارت آن یک درجه افزود گردد و آنرا به C_P نشان میدهند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بدینطریق مقدار حرارتی که برای افزایش درجهٔ حرارت n مول گاز توسط ΔT درجه بکار میرود عبارت است از:

$$Q = nC_P\Delta T = nC_P\left(T_2 - T_1\right)$$

$$C_P = \frac{Q}{n\left(T_2 - T_1\right)}$$

اگر قیمت Q از رابطه (35) به رابطه فوق وضع گردد C_P حاصل میشود:

$$C_P = \frac{n\left(C_V + R\right)\left(T_2 - T_1\right)}{n\left(T_2 - T_1\right)} = C_V + R$$

$$C_P = C_V + R \quad , \quad C_P - C_V = R$$

بناءً حرارت مخصوصه گاز به فشار ثابت بزرگتر است نسبت به حرارت مخصوصه به حجم ثابت اگر C_P و C_V به واحدات حرارتی $Cal/mole.C^o$ ارایه شود باید R نیز به همان واحد حرارتی مانند C_P و C_V تبدیل گردد یعنی اگر $1Cal = 4,18J$ در رابطه $R = 8,13\,J/molde.C^o$ وضع شود درینصورت:

$$J = \frac{1}{4,18}cal$$

$$R = \frac{8,31}{4,18} = 1,99\ cal/mole\,C^o$$

$$\boxed{R = 1,99\,cal/mole.C^o}$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

سوالات فصل پنجم

1- در بین ظرفی $10gr$ گاز امونیا (NH_3) به درجه حرارت 20^oc موجود است. درصورتیکه وزن مالیکولی امونیا $\left(17,03\,{}^{gr}/_{mol}\right)$ باشد مقدار انرژی حرکی مالیکول های آنرا دریافت کنید.

2- در بین ظرفی $240cm^3$ آکسیجن به 0^oc و فشار $76cm-Hg$ موجود است اگر درجه حرارت گاز به 91^oc و فشار آن به $38cm-Hg$ رسانیده شود. درین حال حجم آکسیجن را برحسب cm^3 دریافت نمایید.

3- در یک استوانه شیشه ی یک مقدار آکسیجن موجود است در 20^oc حجم آن $100lit$ و فشار آن $20atm$ است هرگاه درجه حرارت آن به 30^oc و حجم آن $75lit$ برسد فشار آن چه اندازه خواهد شد؟

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

فصل ششم

تغییر حالت اجسام

تعریف:

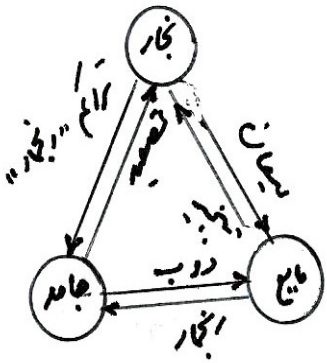
هنگامیکه مادۀ داخل یک جسم در تمام نقاط دارای یک ترکیب کیمیاوی و یک خواص فزیکی باشد درینصورت گفته میشود که جسم متجانس است یا تنها از یک فاز[1] $(Phase)$ تشکیل شده است. یک جسم متجانس ممکن است تنها از جسم خالص تشکیل شود. (مانند گاز و مایع خالص) یا از چند جسم خالص که تنها یک فاز را تشکیل دهند (مانند مخلوط چند گاز).

یک گاز ممکن است از چند قسمت با خواص متفاوت تشکیل شود که توسط سطوح جدای مشخص با یکدیگر در تماس باشند. هر کدام ازین قسمت های متجانس را یک فاز مینامند، یک جسم خالص میتواند در فاز جامد مایع یا گاز باشد. هر فاز در حدود معینی از فشار و درجۀ حرارت وجود دارد مثلاً آب در فشار یک اتموسفیر بین صفر درجۀ سانتی گرید و 100 درجۀ سانتی گرید بصورت فاز مایع است وقتیکه یک کتله از جسم خالص از یک حالت فزیکی به حالت دیگر میآید گویند این جسم تغییر حالت یا تغییر فاز داده است.

[1] - Phase: انتقال امواج از یک محل به محل دیگر

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (6-1)

6-1. ذوبان و انجماد Melting & Freezing:

ذوب: ذوب عبارت از تبدیل جامد به مایع در اثر ازدیاد درجهٔحرارت میباشد. ذوب دو نوع است.

1- **ذوب ساده** مانند یخ که بدون نرم شدن مستقیماً از حالت جامد به مایع تبدیل میشود.

2- **ذوب تدریجی یا خمیری:** است که در آن جسم اولاًنرم شده بعد به تدریج شروع به ذوب شدن مینماید. مانند موم، روغن، شیشه و غیره.

الف: قوانین ذوب:

هرگاه در ظرفیکه یک مقدار یخ است یک ترمامتر گذاشته شود و بعد گرم گردد دیده میشود که اگر فشار مساوی به 76 سانتی متر سیماب باشد همین که

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

درجهٔ حرارت به صفر میرسد یخ شروع به ذوب شدن مینماید. اگر گرم کردن ادامه داده شود بر تمام مدت ذوب درجهٔ حرارت ثابت میماند تا اینکه تمام یخ ذوب گردد.

پس معلوم میشود حرارتی که هنگام ذوب جسم گرفته صرف تبدیل جسم از حالت جامد به مایع شده است برعلاوه همیشه آب در زیر و یخ در رو قرارمیگیرد یعنی ذوب با تغییر حجم همراه است از اینجا قوانین ذیل نتیجه میشود.

1- هرجسم در تحت فشار معین به درجه حرارت ثابت و معینی ذوب میشود این درجهٔ حرارت ثابت را نقطهٔ ذوب می نامند. مثلاًیخ تحت فشار عادی همینکه درجه حرارت آن به صفر میرسد شروع به ذوب شدن مینماید.

2- درجهٔحرارت جسم در تمام طول مدت ذوب ثابت مانده تغییر نمیکند. مثلاً اگر ترمامتری را در هر جسم که در حال ذوب باشد قرار داده شود دیده میشود که ترمامتر تا وقتی درجهٔحرارت ثابتی را نشان میدهد که جسم جامد کاملاً به مایع تبدیل گردد. مثلاًمخلوط آب و یخ که در حال ذوبان همیشه به درجهٔ صفر میباشد.

3- جسم جامد در اثنای ذوب شدن حرارت میگیرد. بدون اینکه درجهٔ حرارتش به نقطه ذوب رسد برای تغییر حالت یک مقدار حرارت میگیرد بدون اینکه در جه حرارتش تغییر کند مثلاً یک گرام یخ صفر درجه (80) کالوری حرارت میگیرد تا به آب صفر درجه یی تبدیل شود.

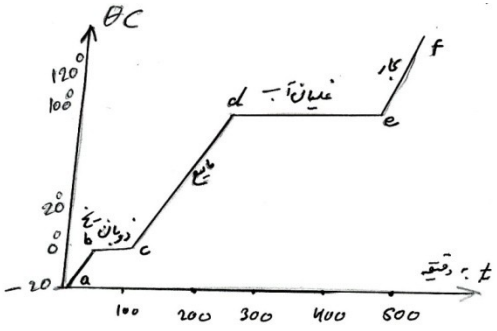
4- تمام اجسام در موقع ذوب تغییر حجم میدهد. بطور مثال اگر یک مقدار موم که در یک ظرف است حرارت داده شود موم مایع شده و در طول مدت ذوب

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

قطعات جامد موم در حصهٔ پایین مایع قرار میگیرد. پس معلوم میشود که کثافت موم ذوب شده کمتر از کثافت موم جامد است. و بنابراین حجم موم هنگام ذوب شدن تغییر کرده و حجمش زیاد شده است. اگر بعوض موم یخ استعمال گردد درینصورت برعکس حالت اول یخ همیشه در روی آب قرار میگیرد یعنی کثافت آن نسبت به یخ زیاد است. بنابراین حجم در هنگام ذوب کم میگردد.

تبصره: تمام اجسام بدون یخ نقره و چدن در موقع ذوب حجم شان افزوده میشود. گراف شکل (2-6) تغییر درجه حرارت یخ را به تابع زمان نشان میدهد فرضاً بدرجهٔ حرارت $(-20C^o)$ باشد. وقتیکه حرارت داده میشود درجهٔ حرارت آن تزاید مینماید تا صفر درجه یعنی بامتداد خط ab بشکل جامد بوده بعد به صفر درجه به ذوبان شروع کرده و خط افقی bc حالت ذوبان را نشان میدهد پس از آن صفر درجه تا 100 درجه به شکل مایع است که cd حالت مایع بودن را و de حالت غلیان را نشان داده و بالاخره در نقطه e تماماً به بخار تبدیل میگردد.



شکل (2-6)

ب: اثر فشار در نقطهٔ ذوب:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بطور کلی هرچند فشار به جسم جامد بیشتر شود نقطه ذوب آب بالا میرود این قانون درباره اجسامی صادق است که هنگام حجم آنها زیاد میشودو لیکن درباره یخ که حجم آن هنگام ذوب کم میشود در اثر فشار نقطهٔ ذوبان پایین میآید. چنانچه در موسم زمستان در اثر عبور و مرور موترها بروی جاده ها پر از برف در تحت فشار تایر موترها برف ذوب میشود بطور کلی برای هر ده اتموسفیر افزایش فشار $(0,07)$ درجهٔ نقطهٔ ذوب یخ پایین میآید.

ج: حرارت ذوب:

قبلاً ذکر شد برای اینکه یک جسم از حالت جامد به مایع تبدیل شود یک مقدار حرارت میگیرد بدون آنکه درجه حرارتش تغییر کند همین مقدار حرارت را حرارت ذوب (Heat of Fusion) مینامند بنابراین حرارت ذوب یک جسم عبارت از مقدار حرارتی است که یک گرام آن جسم میگیرد تا بدون تغییر درجه حرارت ذوب گردید چون انتقال حرارت بدون تغییر درجه حرارت صورت میگیرد. بعضاً آنرا بنام حرارت مخفی (Latent Heat) نیز یاد میکنند و نظر به تعریف رابطه ذیل را میتوان نوشت.

$$L = \frac{\text{مقدار حرارت داده شده}}{\text{کتله جسم ذوب شده}} = \frac{Q}{m}$$

حرارت ذوب برای اجسام مختلف متفاوت است. مثلاً: حرارت ذوبان یخ 80 کالوری است یعنی یک گرام یخ به صفر درجه 80 کالوری حرارت است یعنی یک گرام یخ به صفر درجه 80 کالوری حرارت میگیرد تا به آب صفر درجه تبدیل

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

گردد. و حرارت ذوب سرب $(5,4)$ کالوری است یعنی یک گرام سرب $(5,4)$ کالوری حرارت میگیرد تا بدرجه حرارت $327C^o$ به مایع تبدیل گردد.

د: تعیین حرارت ذوب:

برای دریافت حرارت ذوب از طریقه مخلوط کار میگیرند بطور مثال حرارت ذوبان یخ بطور ذیل حاصل میشود.

کالوری متری که دارای M گرام آب بدرجه حرارت t_1 بوده و قیمت آب معادل آن μ است یک قطعه یخ که کتلهٔ آن m گرام است در کالوری متر انداخته میشود بعد از ذوب شدن یخ درجهٔحرارت آب کالوری متربه t_2 میرسد حرارتی که کالوری متر از دست داده $Q=(M+\mu)(t_1-t_2)$ است این حرارت از یکطرف برای ذوب m گرام یخ مصرف شده که مقدار آن $Q_1=mL$ میباشد. (L) عبارت از حرارت ذوب یخ است و از طرف دیگر گرم کردن m گرام آب حاصل شده یخ از درجهٔ صفر بدرجهٔ t_2 مصرف شده است که مقدار آن مساویست به:

$$Q_2=m(t_2-0)$$

$$Q=Q_1+Q_2$$

$$(M+\mu)(t_1-t_2)=mL+mt_2$$

$$\boxed{L=\frac{(M+\mu)(t_1-t_2)-mt_2}{m}}$$

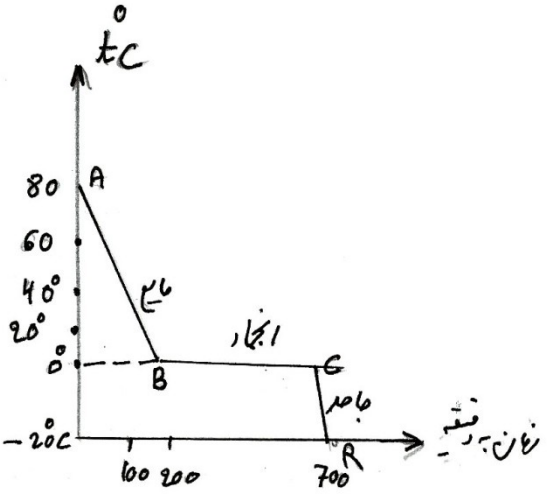
6-2. انجماد:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

هرگاه جسم ذوب شده سرد گردد. بحالت جامد تبدیل میشود که این عمل را انجماد (Freezing) مینامند.

بنابراین انجماد عبارت از تبدیل مایع است به جامد انجماد مانند ذوب ممکن به شکل آنی و یا تدریجی صورت گیرد مثلاً انجماد آب آنی است در حالیکه انجماد موم ذوب شده به تدریج صورت میگیرد.



شکل (4-6)

الف: قوانین انجماد:

هرگاه مقداری آب سرد گردد و در آن ترمامتر قرار داده شود همین که درجهٔ حرارت آب به صفر رسید اولین قطعه یخ ظاهر میگردد حال اگر به سرد کردن آب که در حال انجماد است ادامه داده شود، دیده میشود که در تمام مدت انجماد درجهٔ حرارت ثابت مانده تغییر نمی کند. بنابراین جسم در حین انجماد

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

حرارت از دست میدهد و برعلاوه حجم جسم در حین انجماد تغییر میکند؛ از اینجا قوانین ذیل نتیجه میشود:

1- هر جسم تحت فشار معین دارای درجه حرارت انجماد درجهٔحرارت ذوبان مساوی میباشد. یعنی هر جسم مایع بدرجه حرارت معینی شروع به انجماد مینماید که آنرا نقطه انجماد میگویند و نقطه انجماد با نقطهٔ ذوب برابر است مثلاً آب به صفر درجه ذوب میشود در حالیکه در همان صفر درجه منجمد میگردد.

2- درجه حرارت هر مایع در طول مدت انجماد ثابت بوده تغییر نمیکند. مثلاًاگر ترمامتری در بین مایع در حال انجماد است قرار داده شود ترمامتر تا وقتی درجهٔحرارت ثابت را نشان میدهد که مایع کاملاً منجمدگردد.

3- عمل انجماد حرارت دهنده میباشد. یعنی هر جسم هنگام انجماد مقداری حرارت از دست میدهد تا بدون تغییر درجهٔ حرارت جامد شود بنابراین مقدار حرارتی که یک گرام جسمی بحالت مایع از دست میدهد تا بدون تغییر درجه حرارت به جامد تبدیل شود حرارت انجماد نامیده میشود و مقدار حرارت انجماد توسط رابطهٔ ذیل ارائه میشود.

$$F = \frac{\text{مقدار حرارت داده شده}}{\text{کتله جسم ذوب شده}} = \frac{Q}{m}$$

تجربتاً دریافت شده است که حرارت انجماد و حرارت ذوب با یکدیگر برابر اند. مثلاً حرارت انجماد آب 80 کالوری است یعنی یک گرام آب در صفر درجه حرارت 80 کالوری از دست میدهد تا به یخ تبدیل شود.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

4- حجم اجسام در موقع انجماد تغییر میکند: اگر در ظرفی موم ذوب شده انداخته شود. پس از انجماد فرورفتگی در آن ایجاد میشود در حالیکه حجم آب هنگام انجماد زیاد میشود به همین سبب است که در زمستان کوزه و با بوتل شیشه یی از آب در اثر یخ بستن میشکند زیرا اضافه شدن حجم یخ باعث شکستن کوزه و یا ظروف شیشه یی میشود تغییرات درجهٔ حرارت یک جسم نسبت به زمان بوسیله منحنی شکل (3-6) نشان داده میشود. طوریکه از شکل معلوم میشود شاخه نزولی AB یک مقدار مایع را نشان میدهد که از 80 درجه سانتی گرید به صفر درجه سرد میشود و شاخهٔ افقی BC حالت نشان میدهد که در طول این مدت درجه حرارت ثابت است تا اینکه به نقطه C تمام مایع منجمد میشود شاخه نزولی CR که در این حالت مایع کاملاً بجامد تبدیل شده و در اثر برودت درجه حرارت آن بتدریج پائین میرود.

ب: نزول نقطه انجماد:

هر جسم خالص بدرجه حرارت ثابتی منجمد میشود ولی اگر جسم خالص نباشد نقطه انجمادش پائین میآید. مثلاً آب خالص به صفر درجه سانتی گرید منجمد میشود اما اگر یک mole یک مادهٔ یک ایونایزنه شود در یک لیتر آب انداخته شود درجه انجماد آب 1,86 درجه سانتی گرید پایین میشود اگر ماده مذکور ایونایز شود و دو پارچه از آن حاصل گردد مانند $NaCl$ درینصورت یک مول آن در یک لیتر از $2 \times 1,86 = 3,72$ درجهٔسانتی گرید درجه انجماد آب را پایین می آورد اگر سه پارچه شود مانند $CaCl_2$ در آنصورت یک مول آب در یک لیتر

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$1,86 \times 3 = 5,58$ درجهٔسانتی گرید درجهٔ انجماد آب را پایین میسازد. از همین خاصیت کار گرفته برای ساختن شیر یخ استفاده میکنند زیرا درجهٔ حرارت مخلوط نمک و برف که در ظرف خارجی قرار دارد خیلی پایین بوده و درجهٔ حرارت شیر و محتویات آن که به ظرف داخلی قرار دارد بلندتر میباشد. بناءً شیر و ظرف داخلی یک مقدار حرارت به مخلوط نمک و برف میدهد و در نتیجه درجه حرارت شیر درظرف داخلی به صفر و پائین تر از آن میرسد.

همچنان اگر آب با اتلین گلایکول (Ethylene-glycol) مخلوط گردد یک محلول حاصل میشود که نقطه انجماد آن پایین بوده و بحیث آب زمستانی (antifreeze.sol) از آن استفاده میشود. مثلاً اگر ده مول اتلین گلایکول 620 گرام میشود با یک لیتر آب مخلوط گردد درجه انجماد آن $-18,6$ درجهٔ سانتی گرید میباشد.

6-3. تبخیر

الف: تبخیر و حالات مختلفه آن:

هرگاه در یک ظرف مقداری آب یا الکل و یا ایتر را ریخته حرارت داده شود دیده میشود که مایع تدریجاً کم شده و پس از مدتی ناپدید میشود در این عمل مایع بشکل جدید تبدیل شده و در هوا منتشر گردیده که همین صورت جدید جسم را گاز می نامند و عمل تبدیل مایع به گاز را تبخیر میگویند قبلاً ذکر شد که مالیکول های هر جسم چه جامد و چه مایع حرکت حرارتی دارند، بعضی از این

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

مالیکول ها ضمن حرکت از سطح جسم جدا میشود (تبخیر سطحی) و آزادانه به هر طرف حرکت میکنند که همان عمل تبخیر است واضح است که هرچه درجهٔ حرارت جسم بالاتر و سطح آن بزرگتر باشد جسم زودتر تبخیر از طرف دیگر بعضی از مالیکولهایی که فرار کرده اند در اثر برخورد با مالیکول های دیگر گاز و بخار اطراف دوباره وارد جسم میشوند. پس همیشه عده ای از مالیکول ها فرار میکنند و عده ای بر میگردند. هر قدر عدهٔ فرار مالیکولها زیاد باشد سرعت تبخیر بیشتر است در یک ظرف بسته به تدریج که جسم تبخیر میشود عدهٔ مالیکول های بخار در نزدیکی های سطح جسم زیاد میشود؛ و در نتیجه عده آنهاییکه بر میگیرند نیز زیاد میشوند وقتی میرسد. که این دو عده باهم برابر میشوند، از این تبخیر ظاهراً متوقف میشود (نه بخار بیشتر میشود نه جسم جامد یا مایع کمتر) چنین بخاری را بخار مشبوع می نامند.

باید دانست که تبخیر ایجاد سردی میکند علت این سردی آنست که جسم هنگام تبخیر مقدار حرارت از اجسام مجاور خود میگیرد (حرارت تبخیر) چنانچه پس از غسل کردن در جریان هوا و از تبخیر عرق بدن در تابستان احساس سردی میشود؛ همچنین در اثر آب پاشی هوا معتدل میشود. دلیل آنست که تبخیر آب حرارت را از فضای اطراف خود جذب میکند و درجه حرارت پائین میآید. تبخیر آب یکی از عوامل بزرگ کنترول حرارت بدن انسان ها و حیوانات میباشد هرگاه یک کیلوکالوری حرارت ذریعهٔ یک لیتر آب جذب شود درجهٔحرارت آن یک درجهٔ سانتی گرید بلند میشود اگر دو گرام این آب بخار شود درجهٔحرارت

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

باقیمانده 998 گرام را به حرارت اولی آن پایین میآورد هرگاه یک گرام آب بخار شود 574 کالوری حرارت را جذب میکند.

انسانها به این طریق حرارت وجود خود را کنترول می نمایند. مثلاً وقتیکه انسان تب داشته باشد و عرق کند چون عرق از جلد انسان بخار میشود و حرارت را با خود میگیرد لذا حرارت بدن انسان پایین میآید و در نتیجه تب مریض کم میشود انسان میتواند بصورت مصنوعی حرارت بدن یک شخص تب دار را کم نماید مثلاً اگر دستمال ها با آب مرطوب و بالای جلد مریض هموار شود چون از سطح دستمال آب بخار میشود حرارت بدن را جذب نموده و تب مریض پائین میشود همچنان اگر یک طفل استفراغ کند و یا اسهال داشته باشد؛ چون در اثر اسهال و استفراغ طفل آب ضایع میکند. تبخیر آب، از جلد طفل کم میشود و در نتیجه حرارت بدن طفل بلند میشود اگر به طفل آب از طریق زرق تحت جلدی داده شود تب طفل ازبین میرود عمل تبخیر در شرایط مختلف متفاوت میباشد بناءً تبخیر در حالات ذیل مورد مطالعه قرار داده میشود.

الف: تبخیر در خلا ب: تبخیر در مجاورت گاز ج: تبخیر سطحی

الف: تبخیر در خلا: هر مایع در خلا تبخیر میشود و تبخیر در خلا آنی است که چون تبخیر در خلا بسرعت انجام میشود و موقعی که فضا از بخار مشبوع شد (مایع و بخار در مجاورت یکدیگر به حال تعادل در آمدند) ظاهراً تبخیر پایان میابد و فشار بخار مشبوع را فشار اعظمی بخار به همان درجه حرارت گویند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

ب: **تبخیر در مجاوزت یک گاز**: تبخیر یک مایع در مجاورت یک گاز به تدریج صورت میگیرد و در یک درجه حرارت معین فشار اعظمی بخار اشباع شده یک مایع در یک گاز مساوی به فشار اعظمی بخار اشباع شده همان مایع در خلا است.

ج: **تبخیر سطحی**: اگر ظرف آبی در اتاق گذاشته شود که بتدریج آب تبخیر شده سطح آن در ظرف پایین میرود میدانیم که آب دریاها و بحرها مرتباء بخار میشوند این نوع تبخیر را که در اثر خارج شدن مالیکولها از سطح آزاد مایع است تبخیر سطحی مینامند.

سرعت تبخیر سطحی به چند عامل ذیل ارتباط دارد.

1- **وسعت سطح آزاد مایع**: هرچه سطح آزاد مایع بزرگتر باشد تبخیر سریعتر خواهد بود چنانچه اگر مقدار معین آب در بشقابی مقابل آفتاب گذاشته شود آب بشقاب زودتر بخار میشود ازین خاصیت برای استحصال نمک از آب بحر استفاده میکنند.

2- **افزایش درجهٔ حرارت محیط**: سرعت تبخیر سطحی در اثر تزئید درجهٔ حرارت زیاد تر میشود چنانچه اگر دو پارچه همجنس مرطوب یکی به مقابل آفتاب و دیگری در سایه هموار شود پارچه ایکه در آفتاب است سریع تر خشک میشود.

3- **اثر رطوبت**[1]: هر قدر در فضای بخار مایع کمتر باشد (رطوبت کم باشد) تبخیر مایع سریع تر انجام میگیرد اگر فشار بخار آب در هوا اعظمی باشد (هوای

[1]- رطوبت: مقدار بخار آب موجود در واحد حجم هوا را رطوبت گویند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

اشباع شده از رطوبت) دیگر آب تبخیر نمیشود به همین دلیل است که عرق بدن در هوای مرطوب (مثلاً کنار دریا) خشک نمیشود.

4- **اثر جریان هوا:** جریان هوا مالیکولهای بخار را از سطح مایع دور میکند و باعث میشود که مالیکولهای بعدی آزادانه از مایع خارج شوند چنانچه پارچه تر در مقابل باد زودتر خشک میشود.

5- **اثر فشار هوا:** هرچه هوا کمتر باشد مالیکولها مایع آسانتر میتواند از مایع خارج شوند.

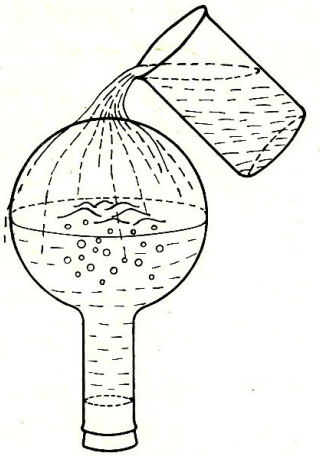
6- **اثر جنس:** سرعت تبخیر سطحی در مایعات مختلف متفاوت است چنانچه ایتر سریع تر از الکل و الکل تندتر از آب بخار میشود بطور کلی هر چه نقطهٔ جوش مایع پائین تر باشد (فشار اعظمی بیشتر باشد) سرعت تبخیر زیاد است.

6-4. غلیان یا جوش:

در بین ظرفی کمی آب ریخته آنرا حرارت میدهیم توسط گذاشتن یک ترمامتر مشاهده میشود که درجهٔ حرارت به تدریج بالا میرود و ضمناً مقداری از آب به بخار تبدیل میگردد وقتیکه ترمامتر 100 درجهٔ سانتی گرید را نشان بدهد درین موقع حبابهای که قبلاً به جدار داخلی ظرف چسپیده بود با فشار بطرف بالا می آیند و به سطوح مایع رسیده و بالاخره وارد هوا میشوند در این مرحله گفته میشود که آب شروع بجوشیدن یا غلیان کردن است بنابراین غلیان عبارت از تبخیر سریع یک مایع است که توسط حرارت صورت میگیرد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (6-5)

الف: قوانین غلیان:

1- هر مایع در تحت فشار معین همیشه به یک درجه معین و ثابتی شروع به غلیان میکند که آنرا غلیان مینامند. اگر مایع خالص نباشد درینصورت درجه حرارت غلیان آن تغییر کرده و مربوط به غلیان مخلوط است.

2- در تحت فشار ثابت در تمام طول مدت جوشیدن درجهٔحرارت ثابت مانده تغییر نمیکند شدت و یا ضعف گرم کردن تنها در سرعت تبخیر موثر میباشد.

3- یک مایع بدرجه حرارت بجوش می آید که فشار اعظمی بخار در همان درجه حرارت با فشاری که از خارج به مایع وارد میشود مساوی باشد مثلاً فشار اعظمی بخار آب در 100 درجه 76 سانتی متر سیماب است بنابراین آب در فشار 76 سانتی متر سیماب در 100 درجه شروع به غلیان میکند اگر فشار 66 سانتی متر سیماب باشد آب در 96 درجه به جوش می آید.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

4- کم شدن فشار نقطهٔ غلیان را پائین می آورد مثلاً در بین یک فلاسک شیشه یی یک مقدار آب انداخته آنرا بجوش آرید بعداً دهن آنرا مسدود کرده و در ظرفی سرچپه آنرا قرار دهید اگر آب سرد بالای فلاسک بریزد آب بداخل فلاسک دوباره به غلیان شروع میکند زیرا در اثر سرد ساختن فلاسک بخار آب بداخل بالون متراکم شده و در نتیجه فشار بداخل فلاسک کم میشود. چون فشار کم شده نقطهٔ غلیان پائین آمده بنابراین بدرجه حرارت کمتر از 100 درجه که در فلاسک بر قرار میباشد آب توانسته است به غلیان شروع نماید.

5- ازدیاد فشار نقطهٔ غلیان را بالا میبرد مثلاً آب تحت فشار 66 سانتی متر سیماب در 96 درجه و تحت فشار 76 سانتی متر سیماب به 100 درجه غلیان میکند در صنعت ازین خاصیت برای ساختن دیگ ها بخار استفاده میکنند تقریباً در مقابل هر 27 ملی متر سیماب تنزل فشار هوا نقطهٔ غلیان آب یکدرجه پائین میرود.

ب: عوامل تاخیر درجه حرارت غلیان:

الف: عمق مایع ب: حباب های گاز بداخل مایع ج: اثر مواد محلول در آب

الف: برای اینکه یک حباب بخار بتواند از قعر ظرف به سطح مایع برسد باید فشار از مجموع فشار جوی و فشار مایع که بروی آن قرار دارد زیادتر باشد. بنابراین این عمق مایع سبب ازدیاد نقطهٔ غلیان میشود مثلاً آبی به ضخامت 37 سانتی متر به 103 درجه میجوشد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

دیرتر بجوش می آید زیاد فشار بخار در اثر افزایش نمک پائین آمده نقطه جوش بالا میرود مثلاً آب دریا در 103 درجه و اینکه مقدار نمک بیشتر داشته میباشد در 108 درجه سانتی گرید بجوش می آید اما بخارات آبی که از هر نوع آب خارج میشود درجه حرارتش 100 درجه میباشد بنابراین تعیین درجهٔ حرارت نباید ترمامتر را در مایع فرو برد بلکه باید در بخاری که از آن حاصل میشود قرار داده شود.

6-5. حرارت تبخیر و اندازه گیری آن:

طوریکه ذکر شد در تمام جوش با وجود آنکه به مایع حرارت داده میشود درجهٔحرارت ثابت می ماند، معلوم میشود که حرارتی که به مایع داده میشود تبخیر شده است حرارت تبخیر یک مایع در درجهٔ حرارت معین مقدار حرارتی است که یک گرام آن مایع میگیرد تا بدون تغییر درجهٔ حرارت به بخار تبدیل شود.

مثلاً یک گرام آب صد درجهٔ در تحت فشار 76 سانتی متر سیماب 537 کالوری حرارت میگیرد تا به بخار آب 100 درجه تبدیل شود برای یک مایع هر قدر درجهٔ حرارت بالا برود حرارت تبخیر کمتر میشود. حرارت تبخیر توسط کالوری متر بطریقه مخلوط حاصل میگردد.

در کالوری متری که دارای M گرام آب و قیممت معادل آب آن μ و درجهٔ حرارت اولیه آن t_1 است مقدار بخار آب 100 درجه وارد میشود بخار اب که وارد ظرف آب سرد کالوری متر گردید به مایع تبدیل میشود، در نتیجه درجهٔحرارت کالوری متر بالا میرود پس از مدت ورود بخار را قطع کرده درجهٔ حرارت انتهایی

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

کالوری متر اندازه میشود فرضا درجه حرارت تعادل θ باشد برای محاسبهٔ وزن بخار مایع شده در کالوری متر (m) کافی است که کالوری متر در ابتدا و انتهای تجربه وزن شود اختلاف وزن کالوری متر درینصورت وزن m بخار است.

اگر درجهٔحرارت غلیان t_2 و حرارت تبخیر L_v فرض شود نظر به قانون کالوری متری حرارت گرفته شده توسط کالوری متر تا از درجهٔ حرارت t_1 به θ برسد عبارت است از: $Q_1=(M+\mu)(\theta-t_1)$ که این حرارت مساوی است به حرارت از دست داده شده توسط mگرام بخار آب مایع شده در کالوری متر لیکن حرارت حاصل شده از مایع شدن بخار شامل دو قسمت است. یک قسمت حرارتی که m گرام بخار آب t_2 درجه باز دست داده تا به m گرام آب t_2 درجه تبدیل شود که مقدار آن mL_v میباشد قسمت دیگر حرارتیست که m گرام آب t_2 درجه از دست میدهد تا به آب θ درجه تبدیل و مقدار آن $m(t_2-\theta)$ میباشد بنابراین تمام حرارت از دست داده شده عبارت است از:

$Q_2=m(t_2-\theta)+mL_v$ رابطهٔ ذیل نتیجه میشود. Q_2,Q_1 از تساوی

$$(M+\mu)(\theta-t_1)=m(t_2-\theta)+mL_v$$

6-6-. میعان گازها (Condensation):

قبلاًذکر شد که برای تبخیر مایع باید آنرا حرارت داده یا فشاریرا که آن مایع متحمل میشود کم کرد. از اینجا میتوان گفت که برای عملیه معکوس یعنی میعان یک گاز باشد آن گاز را سرد کرد و یا آنرا متراکم نمود. لذا میعان عبارت از تبدیل بخار به مایع است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

باید دانست که مایع کردن تمام گازها مانند بخار آب آسان و در هر درجهٔ حرارتی امکان پذیر نیست. برای هر گاز درجهٔ حرارت معینی وجود دارد که در درجه های پایینتر از آن در اثر ازدیاد فشار میتوان گاز را تبدیل به مایع کرد. این درجه حرارت را درجهٔ حرارت بحرانی[1] گاز می نامند.

طریق میعان:

در میعان گاز سه طریقه موجود است:

الف: توسط نقصان درجهٔ حرارت ب: افزایش فشار ج: تنقیص درجهٔحرارت و افزایش فشار

الف: میعان بوسیلهٔ نقصان درجه حرارت: این طریقه را میتوان در عمل تقطیر مایعات مشاهده کرد. تقطیر عبارت از تبخیر یک مایع و متراکم ساختن بخار حاصله از آنست.

ب: میعان توسط افزایش فشار: هرگاه درجهٔ حرارت گازی پایینتر از نقطهٔ بحرانی آن باشد میتوان گاز را در اثر فشار به مایع تبدیل نمود.

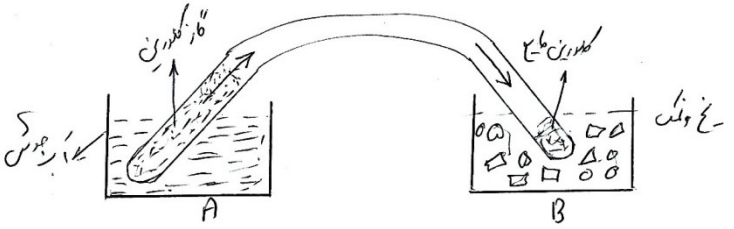
ج: میعان بوسیله تنقیص درجه حرارت و افزایش فشار: درین حالت هر دو طریقه فوق را باهم بکار میبرند یعنی ابتدا گاز را سرد میکنند تا درجهٔحرارت آن حداکثر درجهٔحرارت بحرانی باشد بعد با ازدیاد فشار گاز را مایع مینمایند. باین منظور برای بار اول توسط فردی (Farady) تجربه ذیل اجرا گردید.

[1]- بحرانی: مقدار حرارتی است که شکل فزیکی جسم را تغییر میدهد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

فردی یک تیوب شیشه یی خمیده را مانند شکل (6-6) گرفت و در بین آن گاز کلورین پر کرد. یک انجام آنرا در ظرف که آب جوش است قرارداد و انجام دیگر آنرا در ظرفی که مخلوط یخ و نمک است گذاشت.



شکل (6-6)

درین تجربه فردی مشاهده کرد که گاز کلورین در انجام گرم منبسط شده بطرف انجام سرد متراکم شده به مایع تبدیل میگردد. از اینجا چنین نتیجه گرفت که هم نقصان درجه حرارت و هم افزایش فشار سبب مایع شدن گاز شده است.

درجه حرارت بحرانی درجهٔ حرارتیست که بالاتر از آن درجه نمیتوان گاز را به مایع تبدیل نمود.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

سوالات فصل ششم

1- کالوری متری که محتوی $1500gr$ آب 6 درجه ای است $10gr$ بخار آب 100 درجه ای وارد شده است درجه حرارت تعادل به 10 درجه رسیده است اگر قیمت معادل آب کالوری متر $75gr$ باشد. حرارت تبخیر آب را حساب کنید.

2- در یک کالوری متر $500gr$ آب به درجه حرارت 20^oc موجود است. $30gr$ یخ که درجه حرارت آن 0^ocاست در آن انداخته میشود. اگر درجه حرارت نهایی $14,4^oc$ و قیمت معادل آب کالوری متر $25gr$ باشد. حرارت ذوبان را دریافت نمایید.

3- $30gr$ آبی که درجه حرارت آن 40^oc است با $30gr$ یخ 0^oc مخلوط شده است معلوم کنید که پس از ایجاد تعادل چه مقدار یخ باقی می ماند؟

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

فصل هفتم

تعریفات و قوانین ترمودینامیک

7-1. تعریف ترمودینامیک:

بادرنظرداشت معنی لغوی آن میتوان گفت ترمودینامیک علمی است که از رابطه میان حوادث حرارتی و حوادث میخانیکی بحث میکند و یا بعباره دیگر ترمودینامیک عبارت از آن رشتهٔ فزیک است که تبدیل انرژی میخانیکی را به انرژی حرارتی و معکوس آن مورد بحث قرار میدهد و یا علم ترمودینامیک از روابط مقداری یا کمیتی حرارت و اشکال دیگر انرژی بخصوص انرژی میخانیکی گفتگو میکند مثلاً توسط مالش دوپارچه چوب، ضربه چکش بالای میخ، افتیدن یک جسم از یک ارتفاع و تصادم آن بزمین و غیره مثال های است که تبدیل انرژی میخانیکی را بحرارت نشان میدهد.

عملیه معکوس آن یعنی تبدیل حرارت به انرژی میخانیکی توسط ماشین بخار، ماشین، دیزلی، ماشین طیاره جت و غیره ماشین های سوخت صورت میگیرد. بنابرین ترمودینامیک دارای ساحه وسیعی بوده و کمتر اثر میخانیکی به مشاهده

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

میرسد که با تولید حرارت توأم نباشد. مگر در بعضی حالات حوادث حرارتی برابر با تولید کار میخانیکی بوده وانجام کار باعث تولید حرارت میشود.

علم ترمودینامیک بر اساس دو قانون عمومی طبیعت استوار است که بنام قانون اول و دوم ترمودینامیک یاد میشوند و قانون سومی نیز بعداً به آن اضافه شده است. با استفاده ازین قوانین میتوان روابطی میان خواص اجسام مانند: ضریب انبساط، تراکم، حرارت مخصوصه فشار بخار، و انتقال حرارت را بدست آورد. و نیز با استفاده از اصول و روشهای ترمودینامیک در فزیک میخانیک به تنظیم و طرح ماشین های مانند ماشین های بخار متناوب، ماشین های احتراقی و انفجاری، ماشین های جت ماشینهای یخچال و غیره موفق شده اند. همچنین استفاده عملی این قوانین در کیمیای صنعتی و فزیک اتومی قابل اهمیت است. در ترمودینامیک اصطلاحات ذیل قابل توضیح است.

سیستم یا دستگاه:

جسم یا مجموعه از اجسام با کتلهٔ معین و محدود را در یک محوطه یا فضا بنام سیستم یاد میکنند. و با بعباره دیگر یک عده کتله های مادی ای که در مجاورت یک دیگر قرار داشته و تحت عوامل و شرایط واحدی قرار گرفته باشند سیستم گفته میشود. مثلاً یک کیلوگرام مخلوط آب و یخ که در یک ظرف انداخته شده است یک سیستم میباشد. اشیایی که در اتاق است نیز یک سیستم را تشکیل میدهند که درین نوع سیستم ها مقدار کتله ثابت در نظر گرفته شده است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

در بسیاری از مسایل ترمودینامیک میان یک سیستم و سیستم دیگر مبادله انرژی صورت میگیرد. سیستم های را که با سیستم مورد نظر انرژی مبادله مینمایند سیستم مجاور و یا محیط مجاور می نامند.

ممکن است میان یک سیستم و محیط مجاور آن در نتیجه کار میخانیکی یا در اثر انتقال حرارت مبادله انرژی صورت گیرد. اگر میان سیستم و محیط مجاور آن هیچگونه انرژی مبادله نشود درین حال گفته میشود که کاملاًعایق باشد یعنی مقدار تبادل حرارتی بی نهایت کوچک باشد و محیط نسبت به سیستم و سیستم نسبت به محیط هیچگونه کاری انجام ندهد.

حالت یک سیستم عبارت از وضع و چگونگی آن است که به یک لحظهٔ معین با داشتن خواص آن سیستم مشخص شده میتواند. تشخیص حالت و چگونگی یک سیستم تا اندازهٔ به طبیعت آن ارتباط دارد مثلاًحالت یک گاز را که در یک استوانه موجود باشد میتوان با تعیین فشار، حجم، درجهٔحرارت و کتله آن کااملاًمشخص نمود. ولی برای تشخیص حالت سیستم های دیگری ممکن است لازم شود که مقادیر کمیت های دیگر مانند مقاومت برقی، چارچ برقی غلظت، ضریب انکسار نور، لزوجیت و غیره معلوم گردد اگر در یک سیستم یک سلسله تغییرات لایتناهی بین حالت آغاز و انجام موجود باشد این سلسله تغییرات را بنام تغییر حالت یاد میکنند.

تعادل ترمودینامیکی:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بالعموم محیط مجاور بالای یک سیستم قوۀ وارد میکند و یا آن محیط میان سیستم و یک جسم به یک درجۀحرارت معین ارتباط برقرار می نماید. وقتیکه حالت یک سیستم تغییر کند معمولاً تاثیر متقابل بین سیستم و محیط مجارو آن صورت میگیرد هرگاه بداخل یک سیستم و نیز میان سیستم و محیط مجاور آن قوۀ غیر متوازن موجود نباشد دراین حال گفته میشود که آن سیستم در حالت تعادل میخانیکی قرار دارد. اگر یک سیستم در حالت تعادل میخانیکی باشد و به ساختمان داخلی آن تغییر وارد نشود در این صورت آن سیستم در حالت تعادل کیمیاوی میباشد هرگاه در یک سیستم کدام تغییری در حالت تعادل میخانیکی آن وارد نشود یعنی از نقطه نظر میخانیکی و کیمیاوی در حال تعادل باشد. در این صورت گفته میشود که آن سیستم در حالت تعادل حرارتی قرار دارد وقتیکه شرایط به هر سه نوع تعادل یعنی به تعادل میخانیکی کیمیاوی و حرارتی موافق باشد آن سیستم در حالت تعادل ترمودینامیکی میباشد.

عملیه Process:

عبارت از همان تغییراتی است که در یک سیستم مدنظر گرفته میشود و یا طریقه ایکه توسط آن مسیر نغیر حالت توضیح میگردد بنام عملیه یاد میشود مانند دادن و گرفتن حرارت دادن و یا گرفتن کار (مثل فشار دادن یا منبسط ساختن یک گاز در یک استوانه).

عملیه های مهمی که در ترمودینامیک مستعمل است قرار ذیل اند:

1- عملیه ایزوتومل (Isothermal Process):

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

آنست که در آن مدت درجهٔ حرارت ثابت باشد مانند تغییر حالت یک جسم از یک مایع به جامد و یا از مایع به بخار و بالعکس آن.

2- عملیه ادیاباتیک Adiabatic Process:

عملیه ایست که سیستم با محیط خارج هیچگونه حرارت مبادله نکند مانند انبساط یا تراکم گاز در داخل استوانه ایکه پستون و جدار آن عایق پوش شده باشد و پستون را بسرعت حرکت دهند درین حال گاز بصورت ادیاباتیک متراکم میشود.

3- عملیه ایزوبار Isobaric Process:

آنست که در آن مدت فشار ثابت باشد مثلاً یک مقدار گاز که تحت فشار ثابت درجه حرارت آن افزوده گردد حجم آن نیز افزوده میشود.

4- عملیه ایزومترک Isometric Process:

آنست که در آن مدت حجم ثابت باشد. مثلاً در بین یک استوانه اگر گاز حرارت داده شود در صورتیکه حجم آن ثابت باشد فشار آن افزوده میشود.

5- عملیهٔ پولی تراپک Polytropic Process:

آنست که در آن مدت تمام خواص گاز تغییر نماید مثلاً در تغییر حالت اکثر گازات حقیقی هر سه کمیت فشار حجم و درجهٔ حرارت آن تغییر میکند. و در آن حرارت حاصلهٔ مستقیماًمتناسب با افزایش درجهٔحرارت میباشد. یعنی $dq = C.dT$

6- انتپلی Enthaply:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

عبارت از مجموع انرژی و انرژی خارجی است و یا انتلپی عبارت است از مجموع انرژی داخلی جمع حاصل ضرب فشار و حجمی که توسط محیط مجاور در سیستم تولید میشود. یعنی: $H = U + PV$

7- انتروپی Entropy:

انتروپی تعبیری از بی نظمی داخل یک سیستم یا دستگاه است وقتی یک سیستم سرد گردد انتروپی آن تقلیل می یابد و همزمان به آن نظم به آن دستگاه حاکم میشود، بناءًمقدار انرژی غیرقابل استفاده در یک سیستم ترمودینامیکی بنام انتروپی یاد میشود. کمیتی که اندازه گیری آن، ظرفیت انجام کار مفید را میسر میسازد بنام تغییرانتروپی یاد میشود. یعنی: $ds = \frac{dQ}{T}$

8- ایزنتروپک Isentropic:

عملیه ایکه در مدت آن انتروپی تغییر نکند آن عملیه ایزونتروپک گفته میشود. تحول یا انتقال: زمانیکه متغییرهای ترمودینامیکی یک سیستم تغییر کند گفته میشود که سیستم در حال تحول یا انتقال است تحول بر دو نوع است.

1- تحول رجعی Reversible

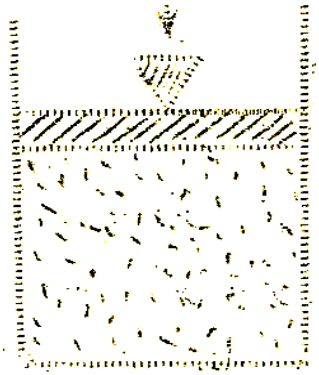
2- تحول غیررجعی Irreversibl

1- **تحول رجعی** Reversible اگر تحول طوری صورت گیرد که فشار درجۀحرارت و کثافت هر حصۀ متجانسی از سیستم در هر لحظه یک نواخت باشد این تحول را رجعی مینامند و یا بعباره دیگر وقتیکه حالت یک سیستم در هر لحظه نزدیک بحالت تعادل باشد این نوع تحول را رجعی گویند در یک تحول رجعی قوۀ

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

مقاوم که موجب این تحول میشود. تفاوت زیادی ندارد و انرژی حرکی مالیکول های سیستم قابل اغماض است اختلاف درجهٔ حرارت بین سیستم و محیط مجاور که سبب تبادل حرارت میشود نیز قابل صرف نظر است اگر این شرایط موجود باشد با تغییر جزئی متغییرهای ترمودینامیکی میتوان جهت تحول را عوض کرد بناءً در تحول رجعی سیستم از یک عده حالات تعادل متوالی عبور میکند و دوباره به حالت اولیه خود بدون تغییر بر میگردد. مثلاً یک مقدار گاز که در یک استوانه مانند شکل (7-1) موجود است در نظر گرفته میشود.



شکل (7-1)

اگر بروی پستون که در حال تعادل است وزنه کوچکی گذاشته شود پستون کمی پایین میآید و حال تعادل قرار میگیرد. درجهٔ حرارت فشار و کثافت در تمام نقاط یکسان میشود اگر تکرار وزنه کوچک دیگری روی پستون گذاشته تکرار وزنه کوچک دیگری روی پستون گذاشته شود باز پستون کمی پایین خواهد آمد و سیستم در حال تعادل دیگری که بسیار نزدیک به حالت تعادل قبلی است قرار

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

میگیرد این عمل را میتوان با گذاشتن وزنهای کوچک تکرار کرد و تا موقعی که حجم گاز از v_2, v_1 برسد دیده میشود که درین تحول سیستم از یک عده حالات تعادل متوالی عبور کرده است گفته میشود که تحول رجعی است زیراممکن است برعکس وزنه ها را به تدریج از روی پستون بر داریم پستون تدریجاًبالا میرود تا آنکه گاز از v_2, v_1 برسد. درین تحول نیز سیستم از حالات اولی خود بر میگردد که این امر یک تحول رجعی است برای اینکه اصطکاک تابع سرعت مالیکولهای است و اثر این قوه ها با تبدیل نمودن جهت تحول معکوس نمیگردد. بنابراین تحولات واقعی به هیچ صورت تابع شرایط فوق نیست و در هیچ یک ازین تحولات مقداری انرژی حرکی قابل اغماض نیست و بین قوۀ محرکه و قوه مقاوم اختلاف وجود دارد و تبادل حرارتی بین اجسام صورت میگرد در نتیجه یک تحول واقعی هیچگاه بطور کامل رجعی نیست بناء تحولات رجعی را میتوان حالت حدی تحولات واقعی قبول کرد که در آن قوۀ اصطکاک و انرژی حرکی مالیکولها بسیار کوچک و قابل صرف نظر است.

2- تحول غیررجعی **Irreversible**:

اگر تحول طوری صورت گیرد که متغییرهای ترمودینامیکی در هر لحظه در تمام نقاط یک نواخت نباشد این نوع تحول را غیررجعی مینامند. و یا تاثیرات عوامل خارجی که به تدریج تغییر نیابد آن تحول غیررجعی است. مثلاً یک مقدار گاز که در یک استوانه مانند شکل (7-1) موجود است متراکم گردد. اگر پستون بسرعت بطرف پائین حرکت داده شود فشار درجۀ حرارت و کثافت نقاط مجاور

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

پستون بیش از دیگر نقاط خواهد بود اگر پستون در جهت عکس تغییر داده شود نه تنها حرارت تولید شده در حالت قبل بکار بدل نمیشود بلکه مقدار کار خارجی نیز در این تغییر حالت به حرارت تبدیل میگردد. در حقیقت تغییر حالت از دو جهت یکسان نیست. به این سبب آن را تحول غیررجعی مینامند بناءً تحولی که دوباره حالت اولیه خود را اختیار نکند بنام غیررجعی یاد میشود مثلاًدر اجرای کار میخانیکی موجودیت اصطکاک افزایش انرژی تشعشعی اکثر تعاملات کیمیاوی و غیره تحولات است که بصورت معکوس اجرا شده میتوانند و تحول غیررجعی گفته میشوند در حقیقت تغییر حال از دو جهت یکسان نیست باین سبب آنرا تحول غیررجعی مینامند.

3- تحول بسته:

هرگاه مادۀ تاثیراتی مانند تغییر فشار، تغییر حجم و تغییر درجۀحرارت مراحلی را طی کند و بالاخره به مرحله مشابه به مرحله آغاز برسد گفته میشود که دورۀ بسته را پیموده است و تحول آنرا تحول بسته یا تحول مسدود می نامند.

کار در سیستم های ترمودینامیکی:

کار در میخانیک چنین تعریف شده است که اگر جسمی در تحت تاثیر قوۀ ای در جهت اثر آن تغییر مکان نماید کاری انجام یافته است و مقدار کار مساوی است به حاصل ضرب قوه موثر در جهت تغییر مکان اگر قوه موثر F و تغییر مکان dx باشد.

درین صورت مقدار کار:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$dw = F.dx$$

در صورتیکه F ثابت باشد درینحال مقدار کار:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F\,dx = F\left(x_2 - x_1\right)$$

$$W = F\left(x_2 - x_1\right) = f\,\Delta x$$

اگر جهت قوه و تغییر مکان بین یکدیگر زاویه تشکیل دهند مقدار کار مساوی است به:

$$dw = F\cos\propto dx$$

در سیستم های ترمودینامیکی اشکال مختلف کار بین سیستم و محیط مجاور آن مبادله میشود. و میتوان کار را بشکل ذیل تعریف کرد:

انتقال انرژی میان سیستم و محیط مجاور را کار مینامند. مثلاً اگر توسط بمبه هوا داخل تایر بایسکل گردد روی هوا کاری انجام میگیرد و کار ممکن است میخانیکی باشد یا از انواع دیگری مانند کاربرقی - کار مقناطیسی و غیره. در اینجا بیشترکارهای میخانیکی که مربوط به انبساط و تراکم سیستم است مدنظر گرفته میشود.

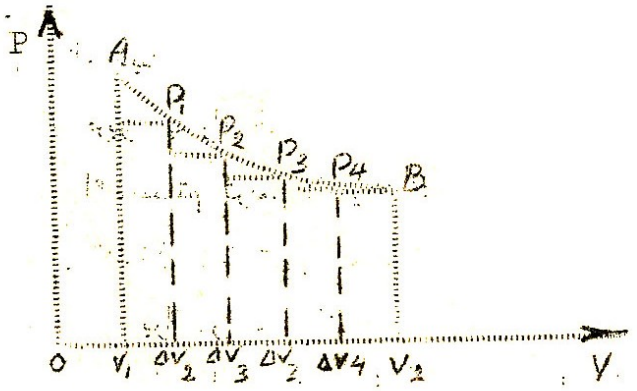
قبلاً در مبحث حرارت مخصوصه گازها ذکر شد که اگر یک مقدار گاز به فشار P در بین یک استوانهٔ که دارای پستونی به مساحت A است موجود باشد در اثر تزئید درجهٔ حرارت پستون باندازه dx تغییر مکان کرده حجم گاز از V_1 به V_2 افزود میشود و کاریکه توسط گاز صورت میگیرد عبارت است از: $W = P\left(V_2 - V_1\right)$ تغییرات فشار P گاز و حجم V آنرا می توان توسط یک

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

منحنی شکل (7-2) نشان داد. اگر فشار گاز از نقطه A بطرف B بتدریج کم گردد.. حجم V از V_1 به V_2 افزود میگردد درینصورت مقدار کار عبارت از مساحت سطح محصور بین منحنی AB و قطعه خط V_1V_2 است. زیرا اگر همین سطح به مستطیل های بی نهایت کوچک تقسیم گردد. مجموع مساحت این مستطیل ها عبارت است از مقدار کار یعنی:

$$w = P_1\Delta V_1 + P_2\Delta V_2 + P_3\Delta V_3 ...$$



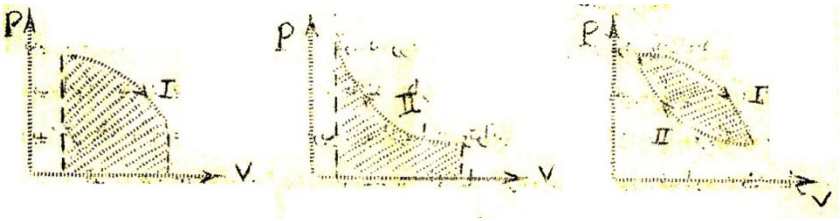
شکل (7-2)

بناءً مقدار کار مساوی به مساحت سطح زیر منحنی AB است. قبلاً ذکر شد وقتیکه گاز منبسط گردد. پستون بطرف راست حرکت میکند درینصورت مقدار کار مثبت است در حالیکه فشار خارجی نسبت به فشار داخل گاز بیشتر باشد گاز متراکم میشود و پستون بطرف چپ حرکت میکند که درینحال مقدار کار منفی است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

با در نظرداشت تغییرات فشار و حجم، مقدار کار را میتوان توسط گراف های شکل (3-7) نشان داد. در شکل (3-7-a) گاز منبسط میگردد درینصورت کار مثبت بوده و مقدار آن عبارت از مساحت سطح زیر گراف I است. در صورتیکه گاز متراکم گردد کار منفی بوده و مقدار آن در شکل (3-7- b) عبارت از مساحت سطح زیر گراف II میباشد. در گراف شکل (3-7- c) گراف های I و II یکجا نشان داده شده اند طوریکه گاز پس از یک سلسله تعاملات دوباره بحالت اولیه بر میگردد.



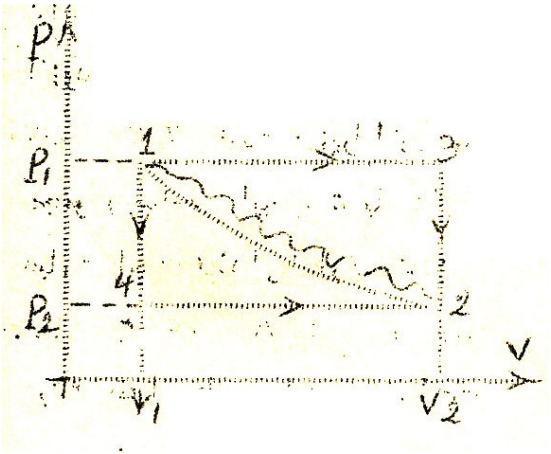
a b c

شکل (3-7)

این نوع تعامل که توسط یک شکل بسته نشان داده میشود بنام دوره (*Cyele*) یاد میگردد مساحت سطحی که در بین این شکل بسته محصور است مساوی به اختلاف سطح زیرگراف I و گراف II که عبارت از مقدار کار باقیمانده است. در یک دوره بسته مقدار کار مربوط به جهت تحول است. اگر جهت تغییر مکان هم سمت حرکت عقرب ساعت باشد کار مثبت و برعکس منفی است. در شکل (3-7 c) مقدار کار مثبت است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (7-4)

1- کار مربوط به راه طی شده است: فرضاً سیستم ترمودینامیک از حالت (1) بحالت (2) تحول نماید شکل (7-3) برای رسیدن از حالت (1) بحالت (2) راه های مختلف را میتوان انتخاب کرد، مثلاً در راه $(1 \to 3 \to 2)$ ابتدا تحول در فشار ثابت و بعد تحول در حجم ثابت انجام میشود، کاریکه در این تحول انجام میشود. مساوی به مساحت سطح زیر قطعه خط $(1 \to 3)$ است. اگر تحول عبارت از مقدار انعکاس انجام شده است، راه دیگریکه بشکل دندانه دار نشان داده شده نیز انتخاب شده میتواند و بالاخره یکی از راه های ممکن راه رجعی $(1 \to 2)$ است. بناءً برین کاریکه یک سیستم ترمودینامیک انجام میدهد مربوط به راه طی شده است.

7-2. معادل میخانیکی حرارت:

تبدیل کار به حرارت و حرارت به کار:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

تجارب ساده و کارهای عادی روزانه تولید حرارت را در اثر انجام کار به اشکال مختلف نشان میدهد. آلات کار مانند اره – سوهان در حین مالش روی چوب و آهن تولید حرارت میکنند. در اثر وارد نمودن ضربه با چکش به یک قطعه آهن حرارت تولید میشود. هرگاه هوا در استوانه ای متراکم گردد حرارت تولید میشود. پس از تراکم پستون استوانه را به حرکت می آورد و کاری انجام میدهد در ضمن درجهٔ حرارت آن کم میشود. از مثالهای فوق الذکر چنین استنباط میگردد که هر جا کاری انجام گیرد در محل انجام کار مقداری حرارت تولید میشود. برعکس با صرف مقداری حرارت در شرایط مناسب کار انجام میگیرد. مثلاً در ماشین های بخار و ماشین های پطرولی و دیزلی موترها حرارت به کار تبدیل میشود. هرگاه در یک سیستم تغییری رونما گردد واضح است که برای این تغییر مقداری کار انجام داده شده و در نتیجه مقداری حرارت تولید گردیده در این حال میان کار انجام داده شده و حرارت تولید شده رابطه ثابتی وجود دارد که به رابطه ژول موسوم است. هرگاه کار انجام داده شده به W و حرارت تولید شده به Q نشان داده شود بین این دو کمیت رابطهٔ ذیل موجود است.

$$-\frac{W}{Q} = J \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$W = J\,Q$$

W مقدار کار است که به ارگ و Q مقدار حرارت است به کالوری اندازه میشود و J عبارت از یک مقدار ثابتی است که بنام معادل میخانیکی کالوری یاد میگردد و قیمت آن مساوی است به $J = 4.185\ {joul}/{cal} = 4.185 \times 10^{7}\ {erg}/{cal}$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

برای تعیین مقدار J تجارب متعددی اجرأ شده است که از آن جمله تجربه ژول را میتوان تشریح نمود:

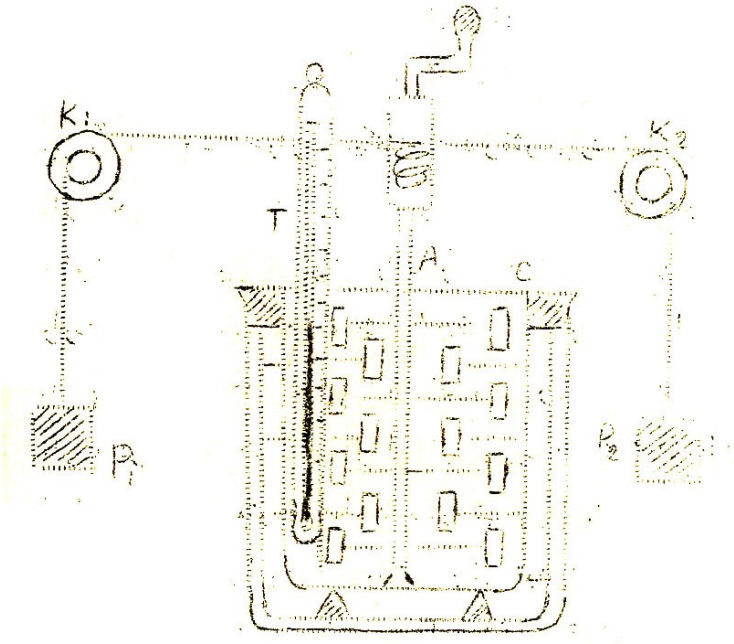
تجربه ژول:

برای تعیین J، ژول مقداری انرژی میخانیکی را بوسیلهٔ اصطکاک در یک کالوری متر به حرارت تبدیل نمود. طوریکه انرژی مصرف شده و حرارت تولید شده را تعیین و از روی آن J را بدست آورد.

آله یکه درین تجربه بکار رفته عبارت است از یک کالوری متر دارای آب که در آن محور قائم که دارای پره ها میباشد میتواند دوران نماید در قسمت فوقانی محور استوانه کوچکی مربوط شده است. این استوانه توسط سقوط دو وزنه P_1 و P_2 که توسط انجام های نخی وصل شده اند. و بروی دو چرخی K_1 و K_2 قرار دارند بگردش آورده میشود.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (5-7)

شکل (5-7) برای اجرای تجربه اولاً وزنه جای P_1 و P_2 در ارتفاع h متری زمین در مقابل صفر خط کش قرار داده میشود و درجه حرارت آب کالوری متر یعنی t_1 توسط ترمامتر اندازه میشود پس از آن وزنه های P_1 و P_2 بدون سرعت اولیه رها میشوند. در اثنای سقوط وزنه ها محور کالوری متر بگردش آمده و در اثر اصطکاک آب و پره ها درجهٔحرارت آب کالوری متر زیاد شده به t_2 میرسد مقدار حرارت Q از رابطه : $Q=(M+\mu)(t_2-t_1)$ بدست میآید وقتیکه وزنه ها فاصله h را طی میکنند کاریکه توسط این دو وزنه انجام داده شده معادل است به:

$$P_E = 2Ph$$

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

$$P_E = 2Mgh$$

تمام این کار کالوری متر به حرارت تبدیل نشده بلکه به سه حصه تقسیم میگردد:

یک قسمت آن که در کالوری متر تبدیل بحرارت میشود عبارت از W است. مقداری از این کار یعنی W_1 بشکل انرژی حرکی در آخر سقوط دو وزنه موجود است. قسمتی هم در اثر اصطکاک قسمت های مختلف دستگاه در خارج کالوری متر ازبین میرود که به W_2 نشان داده میشود. هرگاه از W_1 و W_2 صرف نظر شود. مقدار کار W که به حرارت تبدیل میشود از رابطه ذیل حاصل میگردد.

$$W = 2Mgh \ Joules$$

چون Q و W مستقیماً قابل اندازه اند بناً با گذاشتن قیمت های Q و W در رابطه (1) قیممت J که معادل میخانیکی حرارت گفته میشود حاصل میگردد. چون کالوری معادله $4.185\times10^7 erg$ ارگ کار میخانیکی است بناً این مقدار کار در صورتیکه به حرارت تبدیل گردد درجهٔ حرارت یک گرام آب را یک درجه بالا میبرد.

قانون اول ترمودینامیک:

نتایج تجارب ژول راجع به رابطه حرارت و انرژی میخانیکی با کار و تبدیل آنها با یکدیگر در توسعه و پیشرفت ترمودینامیک رول مهمی را دارا است. تجارب ژول با اشکال مختلف قانون تحفظ انرژی را تحقیق مینماید و قانون تحفظ انرژی را در تبادل انرژی میخانیکی به حرارت واضح میسازد. یعنی انرژی نه محو میشود و نه

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

بوجود میآید بلکه میتواند از یک شکل به شکل دیگری مبدل گردد. و یا بعباره دیگر هر نوع تحول فزیکی یا کیمیاوی ایکه در یک سیستم مجزا انجام می یابد تغییری در انرژی کلی سیستم بوجود نمیآورد. به همین علت آنرا بنام قانون بقای انرژی و یا قانون اول ترمودینامیک می نامند و میتوان آنرا بعبارت زیر بیان کرد:

هرگاه یک سیستم ترمودینامیک با محیط خارج کار و حرارت مبادله کند وقتیکه پس از یک سلسله تحولات بحالت اول مراجعت کند. اگر کار دریافت کرده باشد حرارت پس داده است و اگر حرارت گرفته باشد کار انجام داده است، درین صورت بین حرارت و کار درین تحول مسدود رابطهٔ زیر موجود است:

$$W + J\,Q = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

علامت W و Q طوری قرار داده شده است که وقتی سیستم از محیط خارجی حرارت میگیرد Q مثبت است و وقتی به محیط خارج حرارت میدهد Q منفی است. همچنین اگر از خارج کار دریافت گردد W مثبت و اگر بخارج کار بدهد W منفی است. از رابطه (2) چنین نتیجه حاصل میشود که:

اگر سیستمی در یک تحول مسدود و فقط کار و حرارت با محیط خارج مبادله کرده باشد و هیچ گونه انرژی دیگری مبادله نکند مجموع انرژی میخانیکی و انرژی حرارتی دریافت شده مساوی صفر است. چون قبلا ذکر شد که حرارت شکلی از انرژی است بنابراین در صفحات آینده ضرب J راواحد انتخاب کرده در اینصورت حرارت و کار هر دو بر حسب ارگ و یا ژول یا واحدهای دیگر انرژی بیان خواهد شد. درین حال رابطه (2) شکل زیر را بخود میگیرد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

با ارتباط به قانون اول، مختصراً بذکر مباحث ذیل میپردازیم:

$$W + Q = 0$$

1- انرژی داخلی:

مجموع انرژی حرکی و پوتنشیل تمام مالیکول های یک جسم را بنام انرژی داخلی (Internal Energy) آن جسم یاد میکنند. هر سیستم یا هر جسم در حالت مشخص خود دارای مقداری انرژی داخلی است و تغییر انرژی داخلی هر سیستم یا جسم برابر به مجموع کارهای خارجی و حرارت داده شده برای تغییر آن سیستم یا آن جسم است. مثلاً یک مقدار از گاز در یک استوانه به حجم V_1 تحت فشار P_1 به درجه حرارت T_1 قرار دارد هرگاه توسط قوه های خارجی متراکم گردد و در عین حال حرارت داده شود فشار آن $P_2 > P_1$ و حجم آن $V_2 < V_1$ و درجه حرارت آن $T_2 > T_1$ میگردد. بناً در تغییر این گاز از حالت مشخص با شرایط (1) به حالت مشخص با شرایط (2) مقدار تغییر انرژی داخلی آن از U_1 به U_2 مساوی به حاصل جمع کار را انجام داده شده برای تراکم گاز و مقدار حرارت داده شده به آن گاز است و توسط رابطه زیر نشان داده میشود:

$$U_2 - U_1 = \Delta U = W + Q \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

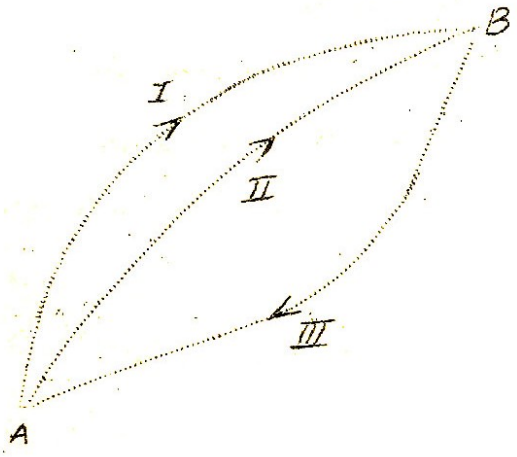
اگر ΔU مثبت باشد انرژی داخلی سیستم افزایش یافته و در صورتیکه منفی باشد انرژی داخلی تقلیل می یابد. تغییر انرژی داخلی (ΔU) یا سیستم مربوط به نوع تحولات نیست تنها تابع حالت ابتدائی و انتهایی سیستم است. برای توضیح این مطلب یک گرام آب صفر درجه را که به دو طریق به بخار آب صد درجه تبدیل

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

میشود میتوان مدنظر گرفت. یکی توسط حرارت دادن مستقیم و دیگری توسط افزایش فشار در هر دو صورت سیستم از حالت A به حالت B به دو راه مختلف 1 و 2 تحول کرده است. شکل (7-6) در صورتیکه از راه I صورت گرفته باشد مقدار انرژی داخلی آن عبارت است از:

$$\Delta U_1 = W_1 + Q_1 \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$



شکل (7-6)

در صورتیکه تحول از راه 2 صورت گرفته باشد تزاید انرژی داخلی آن مساویست به:

$$\Delta U_2 = W_2 + Q_2 \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

حالا اگر سیستم ترمودینامیک از راه III به حالت اول برسد درین تحول سیستم باندازه W_3 و Q_3 کار و حرارت دریافت میکند. هرگاه سیستم از راه I و III

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

یک دوره مسدود را طی کند نظر به قانون اول ترمودینامیک که مجموع انرژی میخانیکی و حرارتی در یک دوره صفر است میتوان نوشت:

$$W_1 + W_2 + Q_1 + Q_3 = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

اگر تحول از راه 2 و 3 صورت گیرد درینصورت:

$$W_2 + W_3 + Q_2 + Q_3 = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

از مقایسه مساوات (7 و 8) نتیجه میشود که:

$$W_1 + Q_1 = W_2 + Q_2$$

بناءً:

$$\Delta U_1 = \Delta U_2$$

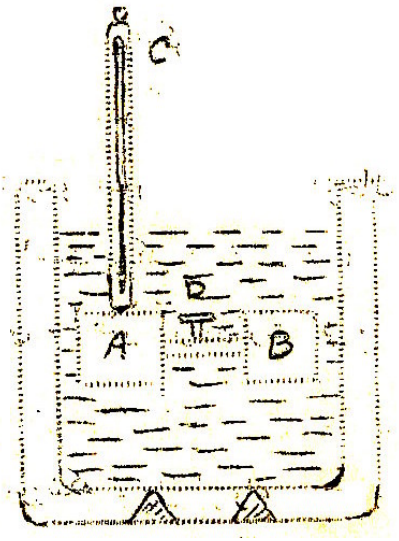
یعنی تغییر انرژی داخلی یک سیستم در هر دو حالت مساوی بوده و مربوط به نوع تحول یا راه طی شده نمی باشد بلکه تابع حالت ابتدایی و انتهایی سیستم است. بنابراین انرژی داخلی سیستم در حالت A به U_A و در حالت B به U_B و تغییر انرژی داخلی سیستم به $U_A - U_B$ نشان داده شده میتواند.

2-انرژی داخلی گاز کامل:

یک مقدار گاز که بسیار شبیه به گاز کامل $(Ideal)$ است در ظرف A موجود است و ظرف B خالی است شکل (7-7) هر دو ظرف توسط یک نل که دارای شیردهن D است محدود شده اند و تمام سیستم بداخل کالوری متر قرار دارد.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



شکل (7-7)

اگر شیردهن D باز گردد، گاز از ظرف A به ظرف B جریان میکند (یک حصهٔ انرژی داخلی گاز به انرژی حرکی تبدیل و باعث جریان گاز شده است) زمانیکه تعادل برقرار شود دیده میشود که حجم و فشار گاز تغییر نموده لیکن ترمامتر C نشان میدهد که درجه حرارت کالوری متر تغییر نکرده است. ازین تجربه چنین نتیجه میشود که $Q = 0$ است زیرا درجهٔ حرارت کالوری متر ثابت مانده است. از ظرف دیگر گاز با محیط خارج کاری مبادله نکرده است یعنی $W = 0$ است. بنابراین $\Delta U = 0$ میباشد، از اینجا چنین نتیجه میشود که انرژی داخلی گاز کامل تنها تابع درجه حرارت است.

3- مقدار گاز عملیه ادیاباتیک:

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

در صورتیکه عملیه ادیاباتیک باشد نظر به رابطه $\Delta U = W + Q$ مقدار $Q = 0$ بوده لذا $\Delta U = 0$ میشود. یعنی در یک عملیه ادیاباتیک مقدار کار مبادله شده مساوی به تغییر انرژی داخلی است.

4- انتلپی (Enthalpy) در عملیه ایزوبار«Isobaric»:

هرگاه فشار وارد بر یک سیستم ترمودینامیک ثابت بماند و حجم از V_1 به V_2 تغییر کند مقدار انرژی میخانیکی که سیستم دریافت میکند عبارت است از:

$$W = P(V_1 - V_2) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

چون مقدار کار مربوطه به راه طی شده است ولی در این حالت خاص W تابع راه طی شده نیست از طرف دیگر ΔU نیز بحالت ابتدائی و انتهایی سیستم ارتباط دارد بناً مقدار حرارتی که سیستم دریافت میکند عبارت است از:

$$Q = \Delta U - W$$

$$or \qquad Q = U_2 - U_1 + P(V_2 - V_1)$$

$$Q = (U_2 + PV_2) - (U_1 + pV_1) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

نظر به تعریف $U_1 + PV_1$, $U_2 + PV_2$ عبارت از انتلپی سیستم در حالت ابتدایی و انتهایی است. هرگاه $U_1 + PV_1 = H_1$ و $U_2 + PV_2 = H_2$ وضع شود درینصورت رابطهٔ (10) شکل زیر را میگیرد:

$$Q = H_2 - H_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

رابطه (11) نشان میدهد که حرارت متبادل در یک عملیه ایزوبار مساوی تغییرات انتلپی سیستم است.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

5- انتلپی گاز کامل تابع درجۀ حرارت است:

قبلاً ذکر شد که:

$$Q = C_P \Delta T \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

به مقایسه روابط (11) و (12) میتوان نوشت:

$$H_2 - H_1 = C_P \ \Delta T = C_P \left(T_2 - T_1\right)$$

$$or \qquad dH = C_P dT$$

یعنی انتلپی گاز کامل تابع درجۀحرارت است:

6- مقدار انتلپی در عملیه ایزوترمل«Isothermal»:

چون در عملیه ایزوترمل درجۀحرارت ثابت است و از طرف دیگر انتلپی تابع درجۀ حرارت است بناً مقدار انتلپی در عملیه ایزوترمل مساوی به صفر است.

یعنی:

$$H_2 - H_1 = 0$$

و یا بعباره دیگر انتلپی گاز آغاز و انجام تحول یکی است یعنی:

$$H_2 = H_1$$

7-3. قانون دوم ترمودینامیک:

قانون دوم مانند قانون اول در مورد ماشین های حرارتی وسایل مختلف حرارتی که در آنها تغییر درجۀ حرارت ایجاد میشود قابل تطبیق است. به کمک این قانون میتوان محاسبه کرد که چه مقدار از انرژی حرارتی در یک سیستم قابل تبدیل باشکال دیگر انرژی بوده و هم سمت تبدلات را میتوان تعیین کرد مثلاً اگر دو

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

جسمی که درجۀحرارت یکی آن صد درجۀسانتی گرید و از دیگر آن 20 درجۀ سانتی گرید است بتماس یکدیگر قرار داده شوند، حرارت از طرف جسم گرمتر بسمت جسم سرد تر جاری میشود، و پس از مدتی درجه حرارت هر دو یکسان میشود بنابر قانون اول ترمودینامیک انرژی سیستم ثابت مانده و قانون تحفظ انرژی درین باره صدق میکند. ولی در قانون اول سمت انتقال حرارت مورد بحث نیست یعنی انتقال حرارت از هر سمتی صورت گیرد تفاوتی نمیکند. اما در قانون دوم انتقال حرارت و سمت انتقال نیز مدنظر گرفته میشود. مفهوم قانون دوم را میتوان بعبارت زیر خلاصه نمود.

1- حرارت دایماً از جسم گرم به جسم سرد منتقل میشود و ناممکن است که بدون تغییر سیستم حرارت از جسم سرد به جسم گرم انتقال نماید.

2- تبدیل انرژی میخانیکی به حرارت کار مشکلی نیست اما ناممکن است که بدون تغییر سیستم حرارت بصورت مکمل بکار تبدیل گردد. برای توضیح قانون دوم به ذکر مباحث می پردازیم.

1- منبع حرارت و ماشین های حرارتی:

برای مطالعه سمت انتقال حرارت باید درجۀ حرارت سیستمی که در حال تحول است و هم درجۀ حرارت اجسام خارجی مجاور سیستم مدنظر گرفته شود بنابراین در بحث قانون دوم همیشه درجۀحرارت سیستم و درجۀ حرارت اجسام مجاور را باید در نظر گرفت. جسمیکه سیستم با آن حرارت مبادله میکند منبع حرارت گفته میشود. منبع ممکن است به سیستم حرارت بدهد یا از آن حرارت

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

دریافت کند و یا به عباره دیگر ممکن است که منبع به سیستم بطور مثبت یا منفی حرارت بدهد. مهم آنست که در تمام مدت تحول درجهٔ حرارت منبع ثابت باشد. مثلاً ظرفیکه دارای یک مقدار آب و یخ باشد اگر مقدار حرارت از آن گرفته شود مقدار آب تبدیل به یخ میگردد. ولی درجهٔ حرارت ثابت می ماند، و بالعکس اگر حرارت به آن داده شود مقدار یخ آب میگردد و بازهم درجهٔ حرارت ثابت است.

هرگاه یک سیستم از حالتی شروع کند و پس از تبادل حرارت و کار بیک حالت مشابه به حالت اول بیاید یا بعباره دیگر سیستم یک دوره (*Coele*) را طی نماید اگر دوباره عمل تکرار شود درینصورت گفته میشود که یک ماشین وجود دارد. هر نوع سیستمی کم بتواند انرژی حرارتی را به انرژی میخانیکی تبدیل نماید. بنام ماشین حرارتی یاد میشود. بالعموم ماشین حرارتی یک مقدار حرارت را به یک درجهٔحرارت بلندترگرفته قسمتی از آنرا به انرژی میخانیکی تبدیل نموده و باقیمانده را به یک درجه حرارت پائین تر خارج میکند.

2- تحول مسدود با یک منبع یا دوره ایزوترم:

وقتیکه سیستم ترمودینامیک تنها با یک منبع تبادل حرارت میکند اگر راه مسدود را طی کرده باشد در نتیجه این تحول کار ایجاد نمیشود. اگر ایجاد کار با یک منبع حرارت امکان پذیر میبود آب دریاها خود منبع بزرگی برای ایجاد کار محسوب میشد مثلاً کشتی که از آب دریا انرژی بگیرد و پیش رود و مقداری یخ در عقب تولید کند یعنی با مبادلهٔ حرارت با یک منبع که هم کار کند و هم برودت

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

تولید گردد ایجاد چنین ماشین غیرممکن است بنابراین درین نوع تحول کار تولید نمیشود.

اگر تحول رجعی باشد درینصورت ممکن است که تحول به دو سمت انجام گیرد. در سمت اول $W \leq 0$ و در سمت دوم کار حاصل شده مساوی به کار حاصل شده در سمت اول بوده ولی علامت آن مخالف است بنابراین $W \leq 0$ پس $W = 0$ و چون $W = J Q$ است پس $Q = 0$ میباشد. بنابراین اگر سیستمی که با یک منبع تبادل حرارت میکند یک تحول رجعی مسدود را انجام دهد درینصورت حاصل جمع کارهای که بوسیلهٔ سیستم دریافت شده صفر و حاصل جمع حرارت هاییکه دریافت کرده نیز صفر است.

3- تحول مسدود با دو منبع یا دوره دیترم:

وقتی سیستم ترمودینامیک با دو منبع تبادل حرارتی میکند که یکی منبع گرم بدرجه حرارت T_1 و دیگری منبع سرد به درجهٔ حرارت $T_2 < T_1$ است. سیستم در جریان این تحول از منبع گرم به اندازه Q_1 و از منبع سرد باندازه Q_2 کالوری حرارت میگیرد. مقدار نامساوی فوق تحقق کند حالات Q_1 و Q_2 را به یکی از سه طریق ذیل میتوان در نظر گرفت.

1- اگر $Q_2 > 0$ و $Q_1 > 0$ باشد درینصورت منبع سرد و منبع گرم هر دو به سیستم حرارت میدهند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

2- اگر $Q_2 < 0$ و $Q_1 > 0$ باشدمنبع سردبه سیستم حرارت میدهد و منبع گرم از سیستم حرارت میگیرد.

3- اگر $Q_2 > 0$ و $Q_1 < 0$ باشد منبع گرم به سیستم حرارت میدهدومنبع-سرداز سیستمحرارت میگیرد.

نظر به قانون دوم میتوان گفت که حالت (1) و (2) برای ماشین های حرارتی صحیح نیست (منظور از ماشین های حرارتی وسیله ای است که حرارت را بکار تبدیل کند) زیرا اگر حالت (1) صحیح باشد یعنی جسم از هر دو منبع حرارت بگیرد میتوان دو منبع را به منبع سومی که درجۀحرارت آن از دو منبع فوق بالاتر است نزدیک نمود. در اینصورت هر دو منبع حرارت Q_1 و Q_2 را که به سیستم داده اند دریافت میکند. در نتیجه تحول مورد نظر مجموعاً یک تحول ایزوترم است که توسط منبع سوم انجام شده است و سیستم بنابر قانون دوم نمیتواند به کمک یک منبع حرارت کار انجام دهد.

اگر حالت (2) صحیح باشد یعنی جسم از منبع سرد حرارت گرفته به منبع گرم حرارت بدهد میتوان منبع سومی با درجۀ حرارت متوسط در نظر گرفت که به منبع سرد حرارت Q_2 را پس داده از منبع گرم حرارت Q_1 را بگیرد. در نتیجه حالت (2) نیز مجموعاً یک تحول ایزوترم است و نظر به قانون دوم ایجاد کار درین تحول امکان پذیر نیست بناً تنها حالت (3) درینمورد صدق میکند. یعنی سیستمی که کار ایجاد میکند بایدبا دو منبع ارتباط داشته باشد. طوریکه از منبع گرم حرارت گرفته قسمتی از آن را به منبع سرد میدهد و مابقی را بکار تبدیل کند.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

سوالات فصل هفتم

1- یک گلوله سربی به کتله 100 گرام روی یک سندان قرار دارد. توسط چکش به کتله دو کیلوگرام با سرعت $50\ ^{m}/_{\sec}$ بالای آن ضربه وارد میشود و آنرا پهن میسازد. در صورتیکه نصف انرژی چکش برای گرم کردن گلوله بکار رود درجهٔ حرارت آن چند درجه بالا میرود (حرارت مخصوصه سرب $0.031\ ^{cal}/_{grc^o}$ است).

ج: $t_2 - t_1 = \Delta t = 96.4^o C$

2- توسط چکشی به وزن $1Kg$ با سرعت $30\ ^{m}/_{\sec}$ روی یک پارچه آهن که کتله آن $200gr$ است ضربه ای وارد میشود. در صورتیکه نصف انرژی چکش برای گرم کردن آهن بکار برود درجه حرارت آن چند درجه بالا میرود؟

3- گلولهٔ به کتلهٔ $209gr$ با سرعت $200\ ^{m}/_{\sec}$ از دهانه ای تفنگی خارج میشود.

اولاً انرژی حرکی گلوله را پیدا کنید (بر حسب ژول) ثانیاً اگر تمام انرژی گلوله به حرارت تبدیل شود چند گرام یخ صفر درجه ای را به آب 20 درجه تبدیل می نماید.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

جداول

جدول حرارت مخصوصه بعضی اجسام:

اجسام	حرارت مخصوصه cal/gr.°c	اجسام	حرارت مخصوصه cal/gr.°c
آب	۱/۰۰	سرب	۰/۰۳۰
اتیل الکل	۰/۶۰	جست	۰/۰۹۵
یخ	۰/۵۰	سیماب	۰/۰۳۳
المونیم	۰/۲۲	هوا	۰/۲۴۲
آهن	۰/۱۱	نایتروجن	۰/۲۴۸
مس	۰/۰۹۳	رابر	۰/ ۴۸
شیشه	۰/۱۶	امونیا	۰/ ۵۲۳

مقدار کالوری برای بعضی مواد غذایی:

غذا	اندازه کالوری به صد گرام	غذا	اندازه کالوری به قیمد گرام
مسکه	۷۹۴	کباب از گوشت گوساله	۱۸۴
بوره پاتند	۴۱۰	کباب از مرغ	۱۰۹
نان سفید	۲۶۶	تخم مرغ	۱۵۹
قیماق	۲۰۱۸	کچالوی جوش داده	۹۷
شیر	۷۱/۶	کچالوی بریان شده	۱۶۰

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

جدول ضریب هدایت حرایت (K) بعضی اجسام:

اجسام	K $\frac{cal}{cm.sec.^{o}c}$	اجسام	K $\frac{cal}{cm.sec^{o}}$	اجسام	K $\frac{cal}{cm.sec.^{o}c}$
۱ـ فلزات		۲ـ غیرفلزات		۳ـ مایعات و گازها	
المونیم	۰/۵۰	کارک	۰/۰۰۱۱		
نقره	۱/۰۱	خشت پخته	۰/۰۰۲۵	آب	۰/۰۰۱۴
مس	۰/۹۲	کانکریت	۰/۰۰۲	اتیل الکل	۰/۰۰۰۵۷
طلا	۰/۷۱	چوب	۰/۰۰۰۴	هوا	۰/۰۰۰۰۶
برنج	۰/۲۶	شیشه	۰/۰۰۲۴	هلیوم	۰/۰۰۰۳۴
آهن	۰/۱۶	یخ	۰/۰۰۴	هاید روجن	۰/۰۰۰۳۳

ضریب انبساط خطی یا طولی بعضی از اجسام:

جسم	(α) في درجه سانتي گريد	جسم	(α) في درجه سانتي گريد
المونيم	24×10^{-6}	آهن	11×10^{-6}
برنج	20×10^{-6}	فولاد	12×10^{-6}
مس	14×10^{-6}	بلاتين	9×10^{-6}
شيشه	$4\text{-}9 \times 10^{-6}$	نقره	18×10^{-6}
جست	26×10^{-6}	طلا	14×10^{-6}
سرب	29×10^{-6}	تنگستن	4×10^{-6}

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

جدول نقطه ذوبان، غلیان حرارت تبخیر و حرارت انجماد بعضی اجسام:

اجسام	نقطه ذوبان (°C)	نقطه غلیان در فشار متعارفه	حرارت ذوب cal/gr.	حرارت تبخیر Cal/gr.
الومنیم	۶۵۹٫۷	۱۸۰۰	۷۷	۲۴
مس	۱۰۸۷	۲۳۰۰	۴۲	
آهن	۱۵۳۵	۳۰۰۰	۶۵۶	
سرب	۳۲۷	۱۶۲۰	۵٫۴۷	۱۷۵
نقره	۹۶۰	۱۹۵۰	۲۱	
جست	۴۱۹	۹۰۷	۲۸	۴۷۵
سیماب	-۳۸٫۸۷	۳۵۶/۵۸	۲/۸	۷۰۶
یخ	صفر		۸۰	
اتیل الکل	۱۳۰	۷۸٫۳	۲۵	۲۰۴
آب	صفر	۱۰۰	۸۰	۵۴۰
امونیا	۷۸	۳۳	۸۴	۳۲۷
هاید روجن	-۲۵۹	-۲۵۳	۱۴	۱۰۸
نایتروجن	-۲۱۰	-۱۹۶	۶۰۱	۴۸
آکسیجن	-۲۱۸	-۱۸۳	۳۰۳	۵۱
کاربن دای اوکساید	۵۷	۸۰		

جدول درجهٔ حرارت بحرانی و فشار بحرانی:

جسم	درجه حرارت بحراني (°)	فشار بحراني (atm)	جسم	درجه حرارت بحراني (°)	فشار بحراني (atm)
هیلیوم	-۲۶۸	۲۳	هاید روجن	-۲۴۰	۱۲٫۸
آکسیجن	-۱۱۱	۴۹٫۷	نایتروجن	-۱۴۷	۳۳٫۵
کاربن دای اکساید	۳۱	۷۲٫۹	ارگن	-۱۲۲	۴۸
بخار آب	۳۷۴	۲۱۸	نیون	-۲۲۹	۲۷

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

جدول گازات آزاد و فلزات خالص:

مجموع درجه هاي ازادي	درجهٔ ازادي			مواد
	اهتزازي	دوراني	انتقالي	
۳	۰	۰	۳	مالیکیول گاز مونواتمی
۵	۰	۲	۳	مالیکیول گازداي اتمی
٦	۰	۳	۳	مالیکیول گاز کثیرالاتمی
۳	۳	۰	۰	فلزات خالص

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



خلص سوانح بیوگرافی غلام قادر د هگان

اینجانب پوهنوال غلام قادر دهگان فرزند غلام رسول ۱۳۲۵ دریک فامیل بیسواد و متدین متولد شدم دوره ابتدایی را در مکتب فوشنج بدرجه اعلی اکمال نموده ودر سال ۱۳۳۹ به دارالمعلمین اساسی ولایت هرات شامل وبسال ۱۳۴۴ از صنف دوازدهم فارغ وشامل تحصیلات عالی کشور شدم.

وبه سال ۱۳۴۹ از رشته ریاضیات وفزیک پوهنتون تعلیم و تربیه کابل به سویه لسانس فارغ وبه موسسه عالی تربیه معلم هرات به صفت استاد مقرر شدم ودرسال ۱۳۲۳ چانس تحصیل در کشور آلمان حاصل نمودم ومدت یکسال تحصیلی در پوهنتون P.A.DAGOGISCHE HOCHSCHULE

HALLE. N.K.KRVPSKAJA مصروف تحصیل بودم ودر سال ۱۳۲۹ که پوهنځی طب در چوکات پوهنتون هرات افتتاح شد به بآن پوهنځی تبدیل شدم وتا کنون در پوهنځی طب و ساینس مصروف تدریس مضامین فزیک و بیوفزیک میباشم.

بااحترام

پوهنوال غلام قادر دهگان

مبایل: ۰۷۰۷۴۲۵۰۴۰

ایمل: g dehgan@gmail.com

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

Abstract

This book which is titled Heat and (Thermodynamics) is printed in seven chapters that are properly sectioned as:

1th chapter (Nature and sources of heat) , 2th chapter (Quantity of heated convection) , 3th chapter (Expansion of objects), 4th chapter (Law of gases) , 5th chapter (Ideal gases) , 6th chapter (melting and freeing) and 7th chapter (The rule of Thermodinamics).

The chapter and Designed in 121 pages and is prepared for first semester of first of medical faculty (PCB).This book has to be lecture in 16 weeks.

Note: At the end of each chapter you well have a part of Questions about the mentioned chapter.

As well there are table according to the need and very helpful at the end of the book.

With respect

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

Publishing of textbooks and support of medical colleges in Afghanistan

Honorable lecturers and dear students,

The lack of quality text books in the universities of Afghanistan is a serious issue, which is repeatedly challenging the students and teachers alike. To tackle this issue we have initiated the process of providing textbooks to the students of medicine. In the past two years we have successfully published and delivered copies of 60 different books to the medical colleges across the country.

The Afghan National Higher Education Strategy (2010-1014) states:

"Funds will be made ensured to encourage the writing and publication of text books in Dari and Pashto, especially in priority areas, to improve the quality of teaching and learning and give students access to state-of- the-art information. In the meantime, translation of English language textbooks and journals into Dari and Pashto is a major challenge for curriculum reform. Without this, it would not be possible for university students and faculty to acquire updated and accurate knowledge"

The medical colleges' students and lecturers in Afghanistan are facing multiple challenges. The out-dated method of lecture and no accessibility to update and new teaching materials are main problems. The students have easy access to low quality and cheap study materials (copied notes & papers), hence the Afghan students are deprived of modern knowledge and developments in their respective subjects. It is vital to compose and print the books that have been written by lecturers. Taking the critical situation of this war torn country into consideration, we need desperately capable and professional medical experts. Those, who can contribute in improving standard of medical education and public health throughout Afghanistan, thus enough attention, should be given to the medical colleges.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

For this reason, we have published 60 different medical textbooks from Nangarhar, Khost, Kandahar, Herat, Balkh & Kabul medical colleges. Currently we are working on to publish 60 more different medical textbooks, a sample of which is in your hand. It is to mention that all these books have been distributed among the medical colleges of the country free of cost.

As requested by the Ministry of Higher Education, the Afghan universities, lecturers & students they want to extend this project to non-medical subjects like (Science, Engineering, Agriculture, Economics & Literature) and it is reminded that we will publish textbooks for different colleges of the country which are in need.

As stated that publishing medical textbooks is part of our program, we would like to focus on some other activities as following:

1. Publishing Medical Textbooks

This book in your hand is a sample of printed textbook. We would like to continue this project and to end the method of manual notes and papers and publish each year 100 different textbooks for Afghan Higher Education Institutions.

2. Interactive and Multimedia Teaching

In the beginning of 2010, we were able to allocate multimedia projectors in the medical colleges of Balkh, Herat, Nangarhar, Khost & Kandahar. To improve learning environment the classrooms, conference rooms & laboratories should also be equipped with multimedia projectors.

3. Situational Analysis and Needs Assessment

A comprehensive need assessment and situation analysis is needed of the colleges to find out and evaluate the problems and future challenges. This would facilitate making a better academic environment and it would be a useful guide for administration and other developing projects.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

4. College Libraries

New updated and standard textbooks in English language, journals and related materials for all important subjects based on international standards should be made available in the libraries of the colleges.

5. Laboratories

Each medical college should have well-equipped, well managed and fully functional laboratories for different fields.

6. Teaching Hospitals (University Hospitals)

Each medical college should have its own teaching hospital (University Hospital) or opportunities should be provided for medical students in other hospitals for practical sessions.

7. Strategic Plan

It would be very nice if each medical college has its own strategic plan according to the strategic plan of their related universities.

I would like to ask all the lecturers to write new textbooks, translate or revise their lecture notes or written books and share them with us for publication. We assure them quality composition, printing and free of cost distribution to the medical colleges.
I would like the students to encourage and assist their lecturers in this regard. We welcome any recommendations and suggestions for improvement.

We are very thankful to the German Federal Foreign Office; German Academic Exchange Service (DAAD) for providing funds for 90 different medical textbooks and the printing process for 50 of them are ongoing. I am also thankful to Dr. Salmaj Turial from J. Gutenberg University Mainz/Germany, Dieter Hampel member of Afghanic/Germany and Afghanic organization for their support in administrative & technical affairs.

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

I am especially grateful to GIZ (German Society for International Cooperation) and CIM (Centre for International Migration & Development) for providing working opportunities during the past two years in Afghanistan.

In Afghanistan, I would like cordially to thank His Excellency the Minister of Higher Education, Prof. Dr. Obaidullah Obaid, Academic Deputy Minister Prof. Mohammad Osman Babury and Deputy Minister for Administrative & Financial Affairs Associate Prof. Dr. Gul Hassan Walizai, the universities' chancellors and deans of the medical colleges for their cooperation and support for this project. I am also thankful to all those lecturers that encouraged us and gave all these books to be published.

At the end I appreciate the efforts of my colleagues Dr. M. Yousuf Mubarak, Abdul Munir Rahmanzai, Ahmad Fahim Habibi, Subhanullah and Hematullah in publishing books.

Dr Yahya Wardak
CIM-Expert at the Ministry of Higher Education, November, 2012
Karte 4, Kabul, Afghanistan
Office: 0756014640
Email: textbooks@afghanic.org
wardak@afghanic.org

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

Message from the Ministry

of Higher Education

In the history, book has played a very important role in gaining knowledge and Science and itis the fundamental unit of educational curriculum which can also play an effective role in improving the quality of Higher Education. Therefore, keeping in mind the needs of the society and based on educational standards and new learning materials, new textbooks should be published for the students.

I appreciate the efforts ofthe lecturers of Higher Education institutions and I am very thankful to them who have worked for many years, and have written or translated textbooks. I also warmly welcome more lecturers to prepare textbooks in their respective fields. So, that they should be published and distributed among the students to take full advantage of them.

The Ministry of Higher Education has the responsibility to make available new and updated learning materials in order to better educate our students.

At the end, I am very grateful tothe German Federal Foreign Office, theGerman Academic Exchange Service (DAAD)and all those institutions and its people who have provided opportunities for publishing medical textbooks. I am hopeful that this project should be continued and publish textbooks in other subjects too.

Sincerely,

Prof. Dr. Obaidullah Obaid

Minister of Higher Education

Kabul 2012

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

Book Name	Heat and Thermodynamics
Author	Prof. Ghulam Qader Dahgon
Publisher	Herat Medical Faculty
Website	www.hu.edu.af
No of Copies	1000
Published	2012
Download	www.ecampus-afghanistan.org
Printed at	Afghanistan Times printing press

This Publication was financed by the German Academic Exchange Service (**DAAD**) with funds from the German Federal Foreign Office.

Administrative and Technical support by Afghanic organization.

The contents and textual structure of this book have been developed by concerning author and relevant faculty and being responsible for it. Funding and supporting agencies are not holding any responsibilities.

If you want to publish your text books please contact us:
Dr. Yahya Wardak, MoHE, Kabul, Afghanistan
Office 0756014640
Email wardak@afghanic.org

ISBN 978849280827 – 4

All rights are reserved with the author

Printed in Afghanistan 2012

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library



Herat Medical Faculty

AFGHANIC

Prof. Ghulam Qader Dahgon

Heat & Thermodynamics

DAAD Deutscher Akademischer Austausch Dienst
German Academic Exchange Service



ISBN 978-1234567897



2012

www.ketabton.com

(c) ketabton.com: The Digital Library

This document was created with Win2PDF available at http://www.win2pdf.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

Get more e-books from www.ketabton.com
Ketabton.com: The Digital Library